www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

المجلد 25 ـ العددان 2/1
يناير / فبراير 2009

مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهرياً في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

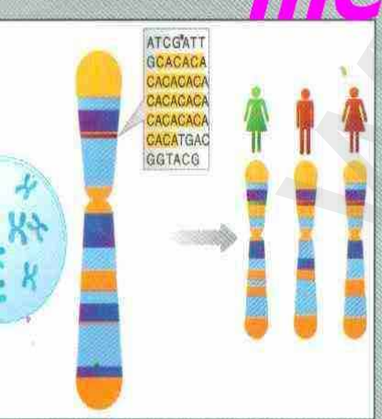
SCIENTIFIC AMERICAN

January / February 2009

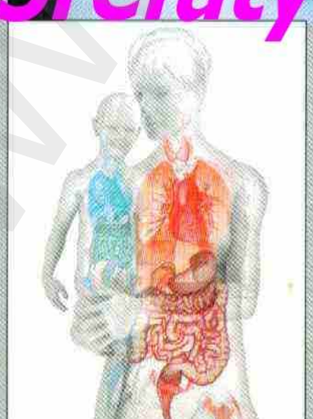
الأصول الكُسمولوجية لسهم الزمن

تأملات في حقبة
الخصوصية الجديدة

مواد ذاتية التنظيف

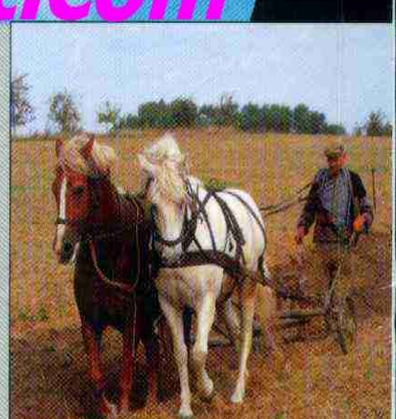


البحث عن الروابط بين
الإدمان وجيناتنا



خلاياك هي خلاياي

ما هو النوع؟



لا للحراثة : الثورة الهادئة

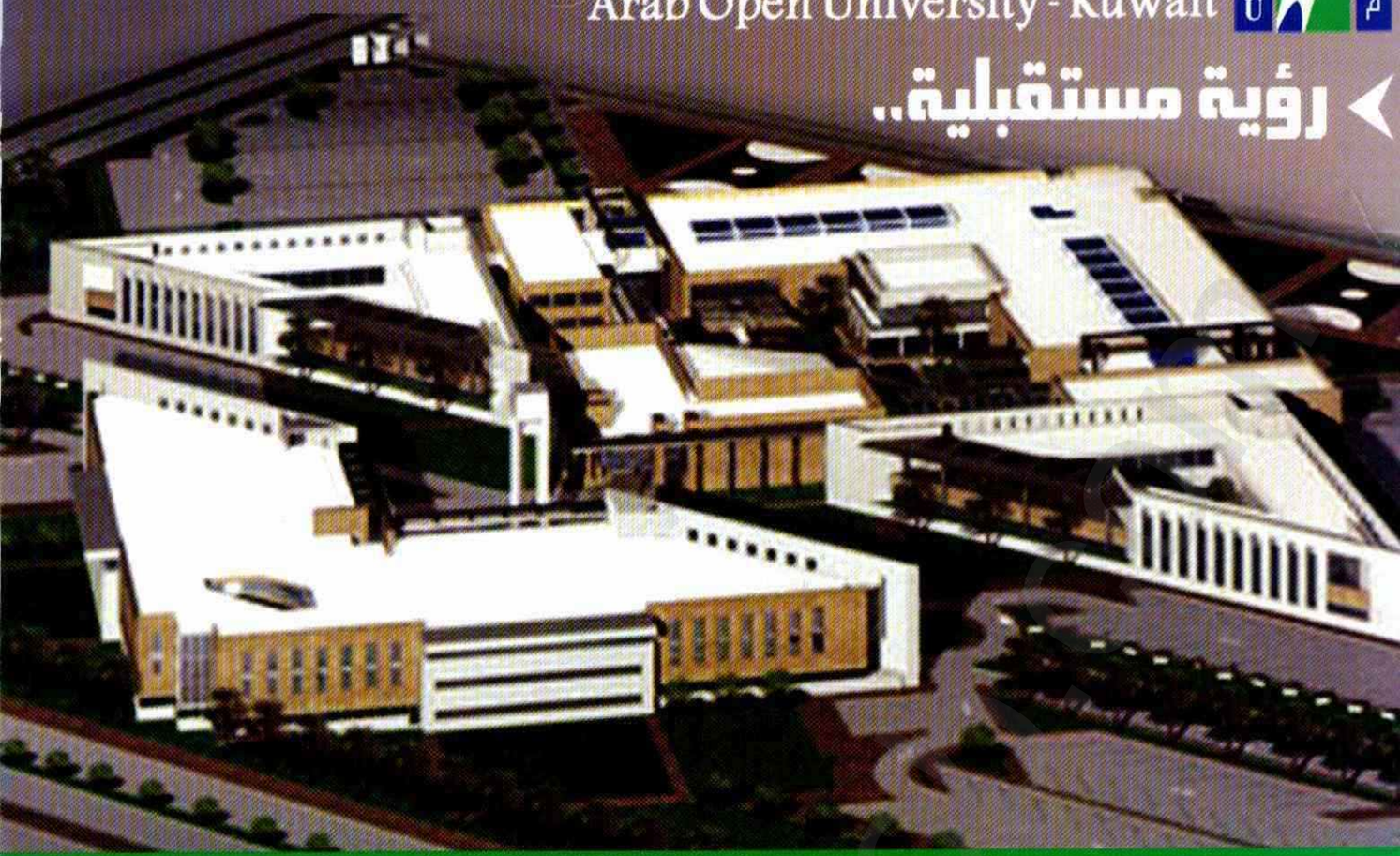
تشغيل أسواق الكربون

العددان 250/249 — السعر 1.500 دينار كويتي

** معرفتي **
www.liilas.com/vb3
me3refaty.blogspot.com
www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3/forum.php

رؤية مستقبلية..



رؤية الجامعة

انطلقت **الجامعة العربية المفتوحة** قبل سبعة أعوام لتصبح منارة بارزة في مسيرة التعليم العالي، ليس فقط في الدول التي لديها فروع لهذه الجامعة، وإنما أيضاً في العالم العربي بأسره.

فقد تمكنت هذه الجامعة الفتية من شق طريقها وسط صعاب جمة، اجتماعية وعلمية وبيروقراطية، وذلك من خلال تبنيها والتزامها رؤيةً استراتيجية واضحة المعالم: رؤية تستند إلى برنامج عمل دقيق لتحقيق هدف نبيل يتمثل في تكوين جامعة من أجل المستقبل تتوافر فيها بيئة الجامعة غير التقليدية مع ما يميز البيئة التكنولوجية المتقدمة، بحيث تلبي متطلبات سوق العمل واحتياجاته. وبذا تشكل هذه الجامعة نموذجاً فعلياً للإبداع والابتكار وفق نمط وأسلوب مؤسسات التعليم العالي المتقدمة بما يخدم عملية التنمية الشاملة في البلدان العربية عامة.

تعتمد **الجامعة العربية المفتوحة** على نظام التعليم المفتوح، وهو أسلوب حديث في التعليم تطبق الجامعة وفقه أحدث ما توصلت إليه مكتشفات تكنولوجيا التعليم، مستفيدة مما أحدثه التقدم الهائل في وسائط الاتصال والتواصل من أجل توفير فرص التعلم ومواصلته لكل راغب فيه وقادر عليه.

البرامج الأكاديمية

البكالوريوس

- إدارة الأعمال
- نظم المعلومات و الحوسبة
- اللغة الإنجليزية وآدابها

الماجستير

- ماجستير فى تطوير البرمجيات
  MSc in Software Development
- ماجستير فى الأدب الإنجليزى
  MA in English Literature

Accredited By The Open University

ص.ب 830 العارضية - رمز بريدي 92400 الكويت - هاتف: 24767286 - 24767166 - فاكس: 24767436 - الموقع الالكتروني: www.aou.edu.kw - بريد الكتروني: director@aou.edu.kw
P.O Box 830 Al Ardia - Postcode 92400 Kuwait - Tel: 24767166 - 24767286 - Fax: 24767436 - Website: www.aou.edu.kw - email: director@aou.edu.kw

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهرياً في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 25 ـ العددان 2/1 (2009)

250/249

الهيئة الاستشارية

علي عبدالله الشملان
رئيس الهيئة

عبدالله سليمان الفهيد
نائب رئيس الهيئة

عدنان الحموي
عضو الهيئة ـ رئيس التحرير

مراسلات التحرير توجه إلى : رئيس تحرير مجلة العلوم
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق ـ الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
العنوان الإلكتروني: oloom@kfas.org.kw ـ موقع الويب: www.kfas.org
هاتف : 22428186 (965+) ـ فاكس : 22403895 (965+)

الإعلانات في الوطن العربي يتفق عليها مع **قسم الإعلانات** بالمجلة.

Advertising correspondence from outside the Arab World *should be addressed to*
SCIENTIFIC AMERICAN 415, Madison Avenue, New York, NY 10017 - 1111
Or to *MAJALLAT AL-OLOOM, P.O. Box 20856 Safat, Kuwait 13069 - Fax. (+965) 22403895*

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	*	جنيه	الكويت	1.500	دينار	Britain	£	4
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	*	ليرة	Cyprus	Cl	2.5
البحرين	1.800	دينار	الصومال	*	شلن	ليبيا	*	دينار	France	€	6
تونس	2.5	دينار	العراق	ـ	ـ	مصر	7	جنيه	Greece	€	6
الجزائر	*	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	Italy	€	6
جيبوتي	*	فرنك	فلسطين	1.25	$	موريتانيا	*	أوقية	U.S.A.	$	6
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	Germany	€	6

[* ما يعادل بالعملة المحلية دولارا أمريكيا ونصف الدولار (USA $ 1.5)]

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ملاحظة : تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

مراكز توزيع *مجلة العلوم* في الأقطار العربية:

• الإمارات: شركة الإمارات للطباعة والنشر والتوزيع ـ أبوظبي/ دار الحكمة ـ دبي • البحرين: الشركة العربية للوكالات والتوزيع ـ المنامة • تونس: الشركة التونسية للصحافة ـ تونس • السعودية: تهامة للتوزيع ـ جدة ـ الرياض ـ الدمام • سوريا: المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات ـ دمشق • عُمان: محلات الثلاث نجوم ـ مسقط • فلسطين: وكالة الشرق الأوسط للتوزيع ـ القدس • قطر: دار الثقافة للطباعة والصحافة والنشر والتوزيع ـ الدوحة • الكويت: الشركة المتحدة لتوزيع الصحف والمطبوعات ـ الكويت • لبنان: الشركة اللبنانية لتوزيع الصحف والمطبوعات ـ بيروت • مصر: الأهرام للتوزيع ـ القاهرة • المغرب: الشركة الشريفية للتوزيع والصحافة ـ الدار البيضاء • اليمن: الدار العربية للنشر والتوزيع ـ صنعاء.

شاركوا في هذا العدد

نبيل أبوعسلي
خضر الأحمد
عبدالحافظ حلمي
ابتسام حمد
عدنان الحموي
جان خوري
محمد دبس
سامر رفاعي
نزار الريس
غدير زيزفون
قاسم السارة
أبوبكر سعدالله
تيسير الشامي
محمد عبدالحميد شاهين
نجم الدين شرابي
إياد غانم
همام غصيب
حاتم النجدي

يمكن تزويد المشتركين في **العلوم** بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and formats ثم اضغط OK

بزيارة الموقع **www.kfas.org** يمكن الاطلاع على صفحة محتويات الإصدار الأخير لـ **العلوم** باللغتين العربية والإنكليزية، وعلى معلومات حول الاشتراكات في هذه المجلة.

حقوق الطبع والنشر محفوظة لـ**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**، ويسمح باستعمال ما يرد في **مجلة العلوم** شريطة الإشارة إلى مصدره في هذه المجلة.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

المقالات

ترجمة و مراجعة

4

الكسمولوجيا (علم الكون)

الأصول الكسمولوجية لسَهْمِ الزمن

<S. M. كارول>

خضر الأحمد ـ همام غصيب

قد يكون الانسياب ـ اللامتغير ظاهريًا، للزمن نحو المستقبل ـ مصادفة قصيرة الأجل في كون يبدو فيه المستقبل البعيد والماضي البعيد شيئا واحدا.

12

بيولوجيا تطورية

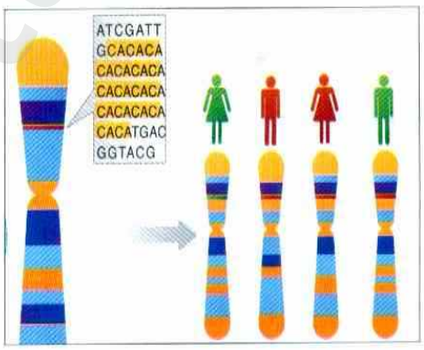
ما هو النوع؟

<C. زيمر>

إياد غانم ـ عبد الحافظ حلمي

مازال البيولوجيون يجهدون في سبيل الإجابة عن هذا السؤال الجوهري والمحوري علميا.

20



تقانة حيوية

البحث عن الروابط بين إدمان الكحول وجيناتنا

<ا. ا. نورنبرگر، جونيور> ـ <ل. ا. بيرت>

قاسم السارة ـ عدنان الحموي

إن معرفة التأثيرات الجينية في الاستعداد لإدمان الكحول يُمكن أن تقود إلى المزيد من المعالجات الهادفة وأن تُساعد الأفراد على اتخاذ قرارات تستند إلى معارف أفضل.

28

أمن المعلومات

تأملات في حقبة الخصوصية الجديدة

<E. دايسون>

محمد دبس ـ حاتم النجدي

إن بعض القضايا، التي يبدو أنها تتعلق بالخصوصية، ليست سوى قضايا متعلقة بالأمن والسياسة الصحية.

36

حوار

حول تحسين أمن الإنترنت

نبيل أبوعسلي ـ ـــــ

من أجل الحماية ضد هجمات مخترقي الإنترنت المتزايدة عددا وتعقيدا، يدعو المعنيون بالأمن إلى تقانة محدَّثة وإلى إعطاء العوامل الإنسانية والقانونية اهتماما أكبر.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

«مجلة العلوم» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «مؤسسة الكويت للتقدم العلمي» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلاثة أرباع محتوياتها ترجمة لـ«ساينتفيك أمريكان» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ، غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ، المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «ساينتفيك أمريكان» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيم للصور والرسوم الملونة والجداول.

40

زراعة

لا للحراثة: الثورة الهادئة

<D. R. هكنز> ـ <P. J. ريگانولد>

نجم الدين شرابي ـ ابتسام حمد

التحرير

إن الممارسة الموغلة في القدم والمتمثلة في حراثة (قلب) التربة قبل زراعتها من جديد هي سبب رئيسي في تدهور الأرض الصالحة للزراعة. ولذلك ينحو العديد من المزارعين إلى الحدّ من حراثة أراضيهم.

48

علم المواد

مواد ذاتية التنظيف

<P. فوربس>

غدير زيزفون ـ نزار الريس

إن القدرة الرائعة التي يمتلكها نبات اللوتس على صد الأوساخ قادت إلى استلهام عدد من تقانات التنظيف الذاتي والتقانات المضادة للبكتيرات؛ وقد تقود أيضا إلى التحكم في النبائط الميكْرومائعية من النوع «مختبر في شيبة».

56

طب

خلاياك هي خلاياي

<J. L. نيلسن>

سامر رفاعي ـ محمد عبدالحميد شاهين

العديد، وربما جميع الناس لديهم عدد قليل من خلايا أفراد مختلفين عنهم جينيا آتية من أمهاتهم أو من أبنائهن بالنسبة إلى الأمهات اللاتي كن حوامل. فماذا يفعل هؤلاء الغرباء في الجسم؟

64

بيئة

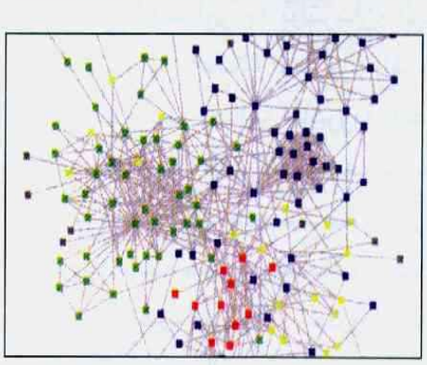
تشغيل أسواق الكربون

<D. G. ڤيكتور> ـ <D. كالينوارد>

جان خوري ـ تيسير الشامي

يتوقف الحد من تغير المناخ ـ من دون إلحاق ضرر بالاقتصاد العالمي ـ على إشارات سوقية أكثر قوة وذكاء للتحكم في انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون.

72



أسئلة مفتوحة

مخاطر مالية: أية نمذجة رياضياتية؟

<R. كونت>

أبوبكر سعدالله ـ عدنان الحموي

أثارت الأزمة المالية العالمية الحالية تساؤلات حول دور النماذج الرياضياتية في المالية. إن هذه النماذج ضرورية، لكن ينبغي إدراك حدودها.

76 **أخبار علمية**

- تبرعات تفوق المنح الحكومية
- موافقة غير واعية
- الجيل التالي من الأسلاك الفائقة الموصلية.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

Majallat AlOloom
المجلد 25 ـ العددان 2/1
يناير/فبراير 2009
مجلة العلوم

الأصول الكُسمولوجية لسهم الزمن(*)

إن إحدى أهم الحقائق الأساسية للحياة هي أن المستقبَل يبدو مختلفا عن الماضي، ولكنهما قد يبدوان متطابقين في المقياس الكُسمولوجي (الكوني) الكبير.

<S. M. كارول>

لا يتراءى لنا الكونُ سليما. وقد يبدو هذا كلاما غريبا إذا عرفنا أن علماء الكسمولوجيا يكادون لا يملكون معيارا للمقارنة. فكيف لنا أن نعرف الشكل الذي يُفترض أن يتّخذه الكوْن؟ ومع ذلك، فقد طوّرْنا على مرّ السنين حَدْسا قويًا لما يمكن أنْ يُعدَّ شكلا «طبيعيا»؛ ويبدو أنّ الكونَ الذي نراه لا يتّفق وهذا الوصف.

لكن علينا ألا نسيء فهم ما نعنيه؛ فقد رسم علماء الكسمولوجيا صورة ناجحة إلى أبعد الحدود لما يُؤلّف الكون، وللطريقة التي تطور بها. فقبل 14 بليون سنة، كان الكون أسخن وأكثف من الجُزْء الداخلي لنجم. ومنذ ذلك الوقت، بدأ يبرد ويقلّ كثافة نتيجة لتمدّد نسيج الفضاء. وتفسّر هذه الصورةُ تقريبا كلَّ رصدٍ أجريناه. بَيْدَ أن عددا من السِّمات غير العادية، خاصة في المراحل المبكّرة من نشوء الكون، يوحي أن هنالك المزيدَ ممّا يجب إضافته إلى ما نفهمه عن قصة الكون.

ومن بين السمات غير الطبيعيّة للكون، تبرز واحدة؛ ألا وهي **لاتماثل الزمن** time asymmetry. فالقوانين الميْكروسكوبيّة (المجهريّة) للفيزياء التي يستند إليها سلوك الكون لا تميّز بين الماضي والمستقبل؛ ومَعَ ذلك، فإنّ الكون في بواكيره ـ حارٌ، كثيفٌ، متجانسٌ ـ يختلف كلّيا عمّا هو عليه اليوم: بارد، غير كثيف، غير متجانس. لقد استهلّ الكونُ وجودَهُ خاضعا لانتظام، وهو آيلٌ منذ ذلك الحين بازدياد نحو اللاانتظام. إنّ لاتماثل الزمن، وهو السهم الذي يتجه من الماضي إلى المستقبل، يؤدّي دورا جليًا في حياتنا اليومية؛ إذ إنه يفسّر لماذا لا نستطيع تحويل عجّة البيض (الأومليت) إلى بيض؛ ولماذا لا يمكن الحيلولة دون ذوبان مكعّبات من الثلج موضوعةٍ في كأسٍ من الماء؛ ولماذا نتذكر الماضي، لكن ليس المستقبل. هذا، وإن أصل اللاتماثل الذي نعانيه يمكن تعقّبه بالسير إلى الوراء وصولا إلى انتظام الكون في زمن قريب من الانفجار الأعظم. وفي كل مرة تكسرُ فيها بيضة، فإنك تمارسُ الكسمولوجيا الرّصدية.

ربما كان سهمُ الزمن أكثرَ السمات الواضحة للكون التي تُوقِع علماء الكسمولوجيا في ضياعٍ كاملٍ عند محاولتهم تفسيره. إلاّ أنّ هذه الأُحجية حول الكوْن الذي نلاحظه تشير بازدياد إلى وجود **زمكان** spacetime أكبر بكثير مما لا نلاحظه. وهذا يضيف دعما إلى الفكرة التي مفادها أننا جزءٌ من **كونٍ متعدّدٍ** multiverse، تساعدنا دينامياتُه على تفسير ما يبدو أنه سماتٌ غير طبيعيةٍ لجوارنا المحلّي.

أحجية الإنتروپية (الاعتلاج)(**)

يُضَمِّنُ الفيزيائيون مفهومَ لاتماثل الزمن في القانون الثاني الشهير **للدّيناميك الحراريّ** thermodynamics، الذي ينص على أن الإنتروپية في نظامٍ مغلقٍ لا تتناقصُ البتّةَ. وعلى وجْه التقريب، فإنّ الإنتروپية مقياسٌ للفوضى التي تسود نظاما ما. وفي القرن التّاسعَ عشر، فسّر الفيزيائي النمساوي <L. بولتزمان> الإنتروپية بدِلالة الفرق بين **الحالةِ الميكروية (المجهرية)** microstate لجسم و**حالتِهِ الماكروية (الجاهرية)** macrostate. فإذا طُلِبَ إليك وصف فنجان من القهوة، فأغلب الظن أنك سوف تشير إلى حالته الماكروية: درجة حرارته وضغطه وسمات عامة أخرى. وبالمقابل، فإن حالته الميكروية تحدِّد بدقةٍ موضعَ كلّ ذرّةٍ من القهوة وسرعتها. هذا، وإن كثيرا من الحالات الميكروية المختلفة تقابل كلّ حالة ماكروية معيّنة؛ فبمقدورنا تحريك ذرّةٍ هنا وهناك

(*) THE COSMIC ORIGINS OF TIME'S ARROW
(**) The Puzzle of Entropy

مفاهيم مفتاحية

- إن القوانين الأساسية للفيزياء صالحة، على قدم مساواة، حين ينساب الزمن نحو المستقبل ونحو الماضي. ومَعَ ذلك، فإننا نَعي الزمن وهو يتحرك باتجاه واحد فقط: باتجاه المستقبل. لماذا؟
- لتفسير ذلك، يتعين علينا التنقيب في الحقبة قبل التاريخية للكوْن؛ أي في الزمن السابق للانفجار الأعظم. وقد يكون كوْننا جُزءا من كوْن متعدّد أكبر بكثير، يتّسم عموما بأنه متماثل زمنيًا. وربما ينساب الزمن نحو الماضي في أكوان أخرى.

محررو ساينتفيك أمريكان

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

من دون أن يلاحظ ذلك أي شـــخص ينظر إلى المقاييس الماكروية.

الإنتروپية هي عدد الحالات الميكروية المختلفة المقابلة للحالة الماكروية نفسها. (تقنيا، إنه عدد خانات، أو لغاريتم، ذلك العدد). وعلى ذلك، فإنه توجد طرقٌ أكثر لترتيب عدد معطى من الذرات في تشكيلٍ عالي الإنتروپية من ترتيبها في تشكيل منخفض الإنتروپية. تصوّر أنك تصبّ حليبا في فنجان قهوتك. هنالك عدد كبير جدا من طرق توزيع الجُزَيئات بحيث يصبح الحليب والقهوة ممتزجيْن معا كُلّيًا؛ لكنْ يوجد عدد قليل نسبيًا من الطرق لفصل الحليب عن القهوة المحيطة به. لذلك فللمزيج إنتروپية أعلى.

ومن وجهة النظر هذه، فلن نُصابَ بالدهشة من أن الإنتروپية تنحو إلى التزايد بمرور الوقت. إن الحالات ذات الإنتروپية العالية تفوق كثيرا في عددها الحالات ذات الإنتروپية المنخفضة؛ وتقريبا أي تغيير في النظام سيوصله إلى حالة ذات إنتروپية أعلى، بكلّ بساطة، بفضل قوانين الاحتمالات. وهذا هو السبب في أن الحليب يمتزج بالقهوة؛ لكنْ لا يمكنه البتة الانفصال عنها. ومَعَ أنه من الممكن فيزيائيًا لجزيئات الحليب كافة أن تُخطّط تلقائيًا لترتب نفسها الواحدة بجوار الأخرى، فإن هذا يبدو بعيد الاحتمال إحصائيًا. وإذا انتظرتَ كي يحدث هذا طوعا حين تعيد الجُزيئات تنظيم نفسها عشوائيا، فعليك في الحالة النمطيّة الانتظار مدة أطول من العمر الحاليّ للكوْن القابل للرصد. سَهْمُ الزمن هو، ببساطة، نزوع النُّظُم إلى التطوّر صوْب واحدة من الحالات الطبيعيّة الكثيرة ذات الإنتروپية العالية.

لكن تفسير السبب في تطور الحالات المنخفضة الإنتروپية إلى حالاتٍ عالية الإنتروپية يختلف عن تفسير السبب في تزايد الإنتروپية في كوننا. ويبقى السؤال: لماذا كانت الإنتروپية منخفضة عند البداية؟ يبدو هذا غيرَ طبيعيٍّ للغاية إذا علمنا أن الحالات المنخفضةَ الإنتروپية نادرة جدًا. وحتى لو سلّمنا أن لكوْننا اليومَ إنتروپية متوسطة، فهذا لن يفسر السبب في أن الإنتروپية كانت حتى أقلّ. ومن بين جميع الظروف الابتدائية المحتملة، التي ربما تطوّرت إلى كونٍ يشبه كوننا، فإن **للأغلبية العظمى منها إنتروپية أعلى، لا أدنى**[1].

وبعبارة أخرى، ليس التحدي الحقيقي عدم تفسير السبب في أن إنتروپية الكوْن ستصبح غدا أعلى ممّا هي عليه اليوم؛ إنما هو تفسير السبب في أن الإنتروپية كانت أدنى أمس، بل حتى أدنى أوّلَ من أمس. ويمكننا تعقّب هذا المنطق بالعودة إلى الوراء، وصولا إلى بداية الزمن في كوننا القابل للرصد. وفي النهاية، فإن لاتماثل الزمن هو سؤال يتعين على الكسمولوجيا الإجابة عنه.

فوضى الفراغ(*)

كان الكون في بواكيره مكانا استثنائيًا. فقد كانت جميع الجُسَيْمات التي تكوّن الكوْن، الذي نرصده حاليًا، مضغوطة في حيّز تسوده حرارةٌ وكثافةٌ فوق العادة. والأهمّ من ذلك هو أنهما كانتا موزعتيْن بانتظام تقريبا عبر هذا الحيّز الصغير. ففي المتوسّط، كانت الكثافة تختلف من مكان إلى آخر بما يناهز جُزءا واحدا فقط في 100 000. ومَعَ

(*) The Disorder of Emptiness

(١) انظر: "*The Arrow of Time*," by David Layzer; *Scientific American*, December, 1975

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الإنتروپية (الاعتلاج) في المطبخ(*)

تقدم البيضة النيئة مثالا على لاتماثل الزمن؛ فالبيضة الطازجة تنكسر بسهولة، لكن البيضة المكسورة لا تجمع نفسها تلقائيا لتعود إلى حالتها الأولى، وذلك لسبب بسيط وهو أن عدد طُرق انكسارها يتجاوز طُرق عدم انكسارها. وبالمصطلح الفيزيائيّ، فإن للبيضة المكسورة إنتروپية أعلى.

تمدّد الكون وتبرّده تدريجيًا، عزّز جذْب **الثقالة** (**الجاذبية**) gravity تلك الاختلافات. فكوّنت المناطق التي تحوي عددا أكبر قليلا من الجُسيْمات النجومَ والمجرّات؛ في حين فرغت المناطق التي تحوي عددا أقل من الجسيْمات لتكوّنَ البقاعَ الخالية.

من الواضح أن الثقالة كانت، وما زالت، حاسمة في تطوّر الكون. ولسوء الحظ، فنحن لا نفهم الإنتروپية تماما بوجود الثقالة. فالثقالة تنشأ عن شكل **الزمكان** spacetime؛ لكنْ لا يوجد لدينا نظرية شاملة للزمكان. وهذا هو هدف أي نظرية كموميّة (كوانتيّة) للثقالة. وفي حين يمكننا ربْط إنتروپية مائع بسلوك الجُزَيْئات التي تكوّنه، فنحن لا نعرف ما الذي يؤلف الفضاء. لذلك فإننا لا نعرف الحالات الميكروية للثقالة المقابلة لأي حالة ماكروية معينة.

ومع ذلك، فلدينا فكرة تقريبية عن كيفية تطور الإنتروپية [*انظر المؤطر في الصفحة المقابلة*]. ففي الحالات التي يمكن فيها إهمال الثقالة، كمثل فنجان من القهوة، يكون للتوزيع المنتظم للجُسيْمات إنتروپية عالية. وهذا الظرف هو حالة اتزان. وحتى حين تُعيد الجسيمات تنظيم نفسها، فإن امتزاجها يكون قد بلغ حدًا لا يبدو معه أن الكثير منها يحدث **ماكرويا**(١) macroscopically. لكنْ إذا كانت الثقالة مهمة، وكان الحجم ثابتا، فيكون لتوزيعٍ ممهّد إنتروپية متدنّية نسبيًا. وفي هذه الحالة، يكون النظام بعيدا جدًا عن الاتزان. فتتسبّب الثقالة في تكتّل الجُسيْمات بنجومٍ ومجرّاتٍ، وتزداد الإنتروپية بشكل ملحوظ؛ انسجاما مع القانون الثاني.

إذا أردنا أن نعظّم قيمة إنتروپية حجمٍ ما حين تكون الثقالة فاعلة، فنحن نعرف ما الذي سنحصل عليه: إنه ثَقْب أسود. ففي السبعينات من القرن الماضي، أكّد <S. هوكينك> [من جامعة كيمبردج] اقتراحا مثيرا لـ<J. بيكنشتاين> [الذي يعمل الآن في الجامعة العبرية بالقدس] مفاده أن الثقوب السوداء تنسجم بدقةٍ مع القانون الثاني. وكما هو الحال في الأجسام الحارّة التي صيغ القانون الثاني في الأصل لوصْفها، فإن الثقوب السوداء تبثّ إشعاعاتٍ، ولها إنتروپية؛ بل قدر كبير منها. فإنتروپية ثقب أسود واحد، كتلته تعادل مليون كتلةٍ شمسيةٍ ـ مثل ذلك الثقب الموجود في مركز مجرتنا ـ أكبر 100 مرّة من إنتروپية جميع الجسيمات العادية في كوننا المرصود.

وفي نهاية المطاف، فحتى الثقوب السوداء تتبخّر ببث إشعاع هوكينك. وليس للثقب الأسود أعلى إنتروپية ممكنة؛ لكنْ له فقط أعلى إنتروپية يمكن حشْرها في حجمٍ معيّن. بَيْدَ أن حجم الفضاء في الكون ينمو بلا حدود فيما يبدو. ففي عام 1998، اكتشف الفلكيون أن تمدُّدَ الكونِ متسارعٌ. وأفضل تفسير مباشر لهذا هو وجود **طاقة معتمة**(٢). وهي نوع من الطاقة توجد حتى في الفراغ (الفضاء الخالي)؛ ولا يبدو أنها تتناقص بتمدّد الكون. إنها ليست التفسيرَ الوحيدَ للتسارع الكونيّ؛ لكنّ المحاولات الجاريةَ للتوصل إلى فكرةٍ أفضل لم تنجح حتى الآن.

وإذا لم تتناقص الطاقةُ المعتمة، فإنّ الكون سيواصل تمدده إلى الأبد، وستختفي **المجرّات البعيدة عن الأنظار**(٣). أما المجرّات التي لن تختفي عن الأنظار فستنهار؛ متحوّلة إلى ثقوبٍ سوداء تتبخّر بدورها في الظلام المحيط بها، مثلما يحدث لبُرَيْكة ماءٍ في يوم حارّ. وما سيتبقّى هو تقريبا كوْن فارغٌ. عند ذلك فقط، سيكون الكون قد زاد إنتروپيته إلى حدها الأعلى، وسيكون في حالة اتزان؛ ولن يحدث البتة أي شيء ذي بال.

قد يبدو من الغريب أن يكون للفضاء الفارغ مثلُ

(*) ENTROPY IN THE KITCHEN

(١) عيانيًا أو كبيريا.

(٢) dark energy خفية/ مظلمة.

(٣) انظر: "*The End of Cosmology?*" by Lawrence M. Krauss - Robert J. Scherer; *Scientific American*, March, 2008

المؤلف

Sean M. Carroll

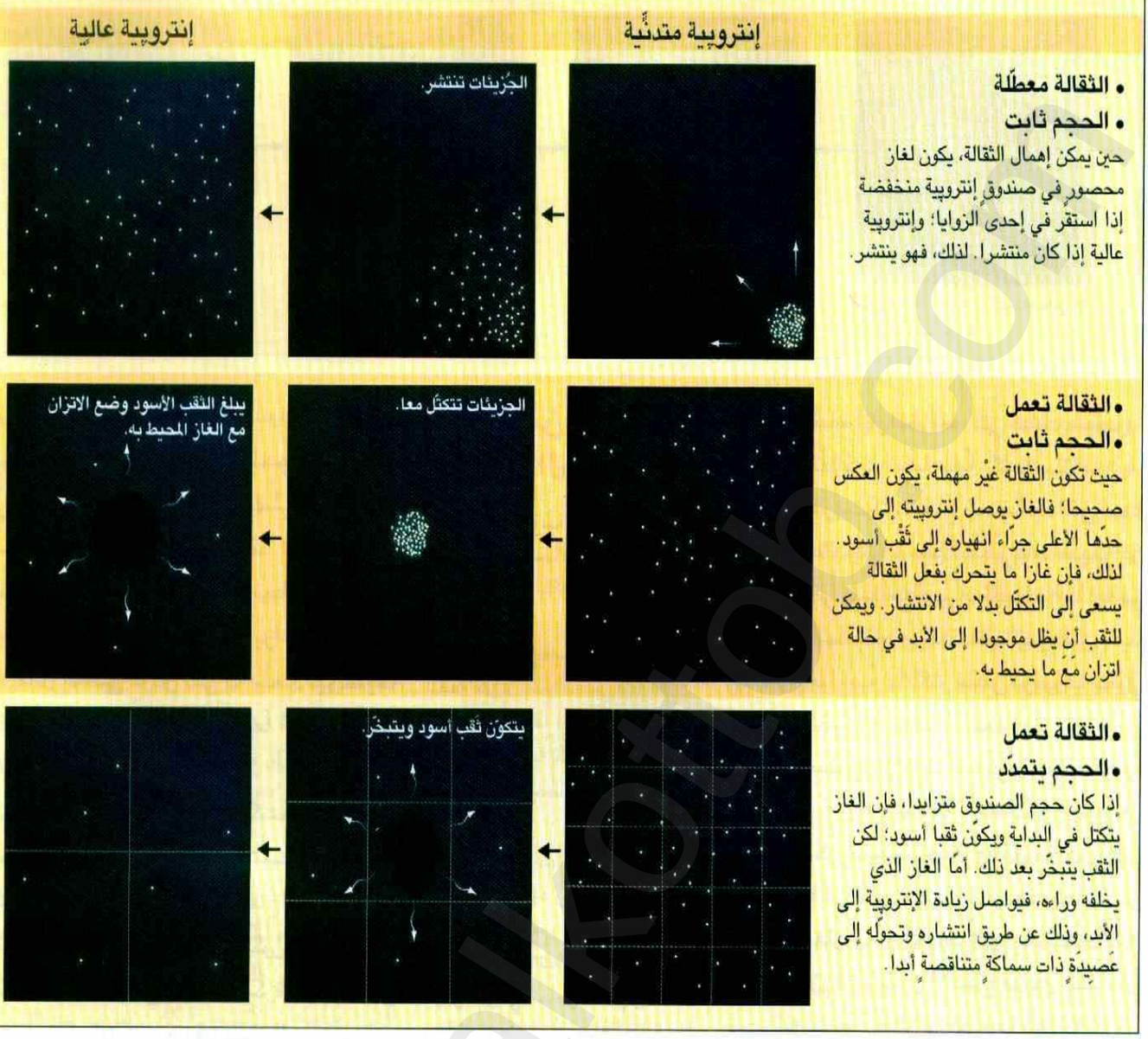
*باحث مشارك رئيسي في الفيزياء بمعهد كاليفورنيا للتقانة (C.I.T). وتشمل مجالات أبحاثه الكسمولوجيا، وفيزياء الجُسيْمات، ونظرية النسبية العامة لآينشتاين؛ مَعَ خبرة خاصة بالطاقة المعتمة. وقد مُنح زمالات لإجراء الأبحاث من مؤسستي سلون وپاكارد؛ إضافة إلى جائزة التدريس من مجلس طلبة الدراسات العُليا لمعهد ماسّتشوستس للتقانة M.I.T، وميدالية خريجي الآداب والعلوم لجامعة ڤيلانوڤا. وخارج النطاق الأكاديمي، فإنّ <كارول> معروف أكثر شيء كمساهم في جمعية **الاختلاف الكونيّ** Cosmic Variance، التي هي واحدة من أعمق المدوّنات العلمية.*

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

ما تفعله الثقالة (الجاذبية) للإنتروپية(*)

يتوقف وصف الإنتروپية بأنها منخفضة أو عالية على الحالة. ويحدّد الفيزيائيون حالة الإنتروپية العالية لنظام ما بناء على الكيفيّة التي يتطور بها النظام مع الزمن. فمثلا، إذا تعرض غاز منتشر وبارد بقدر كاف لسحب الثقالة، فإنه يتكتل. ويستلزم قانون زيادة الإنتروپية عندئذ أن يكون للتكتل إنتروپية عالية، مَعَ أنه قد يبدو لأول وهلة أنه منظّم (إنتروپية متدنّية).



هذه الإنتروپية الضخمة. وهذا يشبه قولنا إن المكتب الذي تسود سطحه ودروجه فوضى لا مثيل لها هو مكتب فارغ تماما. إن الإنتروپية تتطلب حالات ميكروية؛ ولأول وهلة، يبدو أن الفضاء الفارغ لا يتضمن أيا من هذه الحالات. ومَعَ ذلك، فإن الفضاء الفارغ يمتلك في الواقع قدرا كبيرا من الحالات الميكروية؛ وهي الحالات الميكروية الكمومية للثقالة المبنية في نسيج الفضاء. فنحن لا نعلم بعد شيئا عن هذه الحالات، أكثر مما نعرف عن تلك الحالات الميكروية التي تسبب إنتروپية ثقب أسود؛ لكننا نعلم أنه، في كون متسارع، تقترب الإنتروپية داخل الحيّز المرصود من قيمة ثابتة تتناسب مع مساحة حدوده. إنها حقّا كمية هائلة من الإنتروپية؛ وهي أكبر بكثير من إنتروپية المادة داخل ذلك الحيّز.

الماضي مقابل المستقبل(**)

السمة المذهلة لهذه القصة هي الاختلاف البيّن بين الماضي والمستقبل. فالكون يبتدئ بحالةٍ من الإنتروپية المتدنّية جدّا؛ تكون الجُسَيْمات فيها مرصوصة معا بسلاسة. وهو يتطوّر عبر حالةٍ من الإنتروپية المتوسّطة؛ أي التوزيع غير المنتظم للنجوم والمجرّات التي نراها حولنا اليوم. وفي النهاية، فإنه يبلغ حالة من الإنتروپية العالية؛ وهي فضاءٌ فارغٌ تقريبا، يمثّل فقط الشّرود العَرَضِيّ للجُسَيْمات المنخفضة الطاقة.

تُرى، إلامَ يعود هذا الاختلافُ الكبير بين الماضي والمستقبل؟ لا يكفي مجرّد وضع نظرية للشروط الابتدائية تحدّد السبب في أن الكون ابتدأ

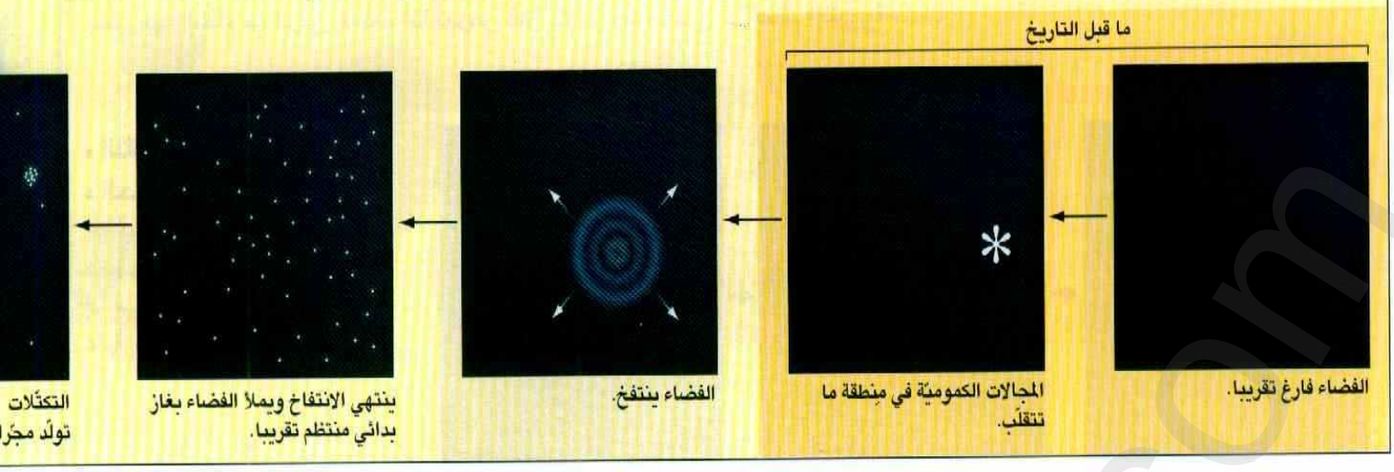
(*) WHAT GRAVITY DOES TO ENTROPY
(**) Past vs. Future

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me2refaty *

استعادة التماثل للزمن(*)

وَفْقا للنموذج المعياري لعلم الكوْن، استهل الكونُ وجوده بغازٍ منتظم تقريبا، وسينتهي إلى فضاء فارغ تقريبا؛ باختصار، فإنه ينتقل من إنتروپية متدنية إلى إنتروپية عالية، ويسمّي الفيزيائيون هذه الحالة الأخيرة «موتا حراريا». لكن هذا النموذج يُخفق في تفسير نشوء حالة الإنتروپية



بإنتروپية متدنية. وكما أشار الفيلسوف <H. پرايس> [من جامعة سيدني]، فإن أي محاججة عقلية تصح في الشروط الابتدائية يجب أن تصلح في الشروط النهائية أيضا؛ وإلاّ، فسنكون قد اقترفنا ذنبَ افتراض الشيء نفسه الذي كنا نحاول إثباته؛ أي إن الماضي كان شيئا خاصّا متميّزا. فإما أن نقبل اللاتماثل العميق للزمن على أنه سمةٌ غير دقيقة للكون تستعصي على التفسير؛ وإما أن نسبرَ بعمقٍ أكبر أدوار الزمان والمكان.

لقد حاول كثير من علماء الكسمولوجيا عَزْوَ لاتماثل الزمنِ إلى سيْرورة (عملية) **الانتفاخ الكسمولوجي (الكوني)**(١). فالانتفاخ تفسيرٌ جذّابٌ لكثيرٍ من السمات الأساسيّة للكون. وطبقا لهذه الفكرة، فإن الكون في مراحله المبكّرة جدّا (أو على الأقل جُزءا منه) كان مملوءا ليس بالجُسيْمات، وإنما بنوْعٍ مؤقّت من الطاقة المعتمة كثافته أعلى كثيرا جدّا من كثافة الطاقة المعتمة التي نرصدها اليوم. وهذه الطاقة جعلت توسُّعَ الكون يتسارع بمعدّلٍ خياليٍّ، ومن ثم انقسمت إلى مادةٍ وإشعاعٍ؛ تاركة وراءها كمية قليلة من الطاقة المعتمة التي أصبحت سائدة مرة أُخرى هذه الأيام. وما تبقّى من حكاية الانفجار الأعظم، من الغاز البدائي المنتظم إلى المجرات وما بعدها، يتبع بكلّ بساطة.

كان الدافعُ الأصليّ للانتفاخ توفيرَ تفسيرٍ مُقنع للظروف المواتية في الكون المبكّر؛ خاصة الكثافة المنتظمة إلى حدّ استثنائيّ للمادة في مناطقَ متباعدةٍ كثيرا عن بعضها. فالتسارع الذي تولّده الطاقة المعتمة المؤقّتة يجعل الكون منتظما تماما تقريبا. أما التوزيع السابق للمادة والطاقة فلا عَلاقَة له بالموضوع؛ إذ حالما يبدأ الانتفاخ، فإنه يمحو جميع آثار الظروف التي كانت موجودة سابقا، مخلِّفا كونا مبكّرا حارّا، كثيفا، منتظما.

كانت فرضية الانتفاخ ناجحة جدّا في أوجه متعدّدة. فتنبؤاتها بحدوث انحرافات طفيفة عن انتظام مثاليٍّ تتفق مع أرصاد تغيرات الكثافة في الكون. إلا أنها كتفسير للاتماثل الزمن، فإن علماء الكسمولوجيا يَعدّونها أكثر فأكثر موضوعا ينطوي على بعض الخداع؛ لأسباب أكّدها <R. پنروز> [من جامعة أكسفورد] وآخرون. فحتّى تنجحَ السيرورة كما نرغب، كان لا بد للطاقة المعتمة فوق الكثيفة أن تبدأ بتشكيلٍ محدّدٍ جدّا. والحق أنّه كان على إنتروپيتها أن تكون أصغر بقدر غير معقول من إنتروپية الغاز الحار الكثيف الذي اضمحلّت فيه. وهذا يستلزم أن لا يكون الانتفاخ قد حلّ، حقّا، أيّ شيء: إنه "يفسّر" حالة من إنتروپية متدنية بدرجةٍ غيرِ عاديّةٍ (غاز حار، كثيف، منتظم)، وذلك باستحضار حالة سابقة ذات إنتروپية حتى أدنى (رقعة ملساء من الفضاء الذي تسوده طاقة معتمة فوق كثيفة). وهذا، ببساطة، يُعيدُ الأحجيةَ خطوة إلى الوراء؛ فتصبح: لماذا حدث الانتفاخ في المقام الأول؟

أحد الأسباب التي تجعل علماء الكسمولوجيا يقدّمون الانتفاخ تفسيرا للاتماثل الزمن هو أن التشكيل الابتدائي للطاقة المعتمة لا يبدو غير محتمل كثيرا. ففي الزمن الذي حدث فيه الانتفاخ، كان قطر كوننا القابل للرصد أقل من سنتيمتر واحد. وحَدْسيّا، لا يكون لمثل هذه المنطقة البالغة الصغر حالات ميكروية متعدّدة؛ ومن ثم فليس من المستحيل تماما على الكون أن يتعثّر مصادفة بالحالة الميكروية المقابلة للانتفاخ.

سهم الزمن: أسئلة وأجوبة، الجزء 1(**)

إذا كانت الإنتروپية في تزايد دائم، فكيف تتكوّن أجسام منخفضة الإنتروپية، كما يتكون البيض في المقام الأول؟

إن قانون الإنتروپية يطبّق على النُظم المغلقة. فهو لا يمنع التناقص في الإنتروپية في النظم المفتوحة، بما في ذلك الدجاج. فالدجاجة تكتسب الطاقة، وتبذل قدرا كبيرا من الجهد لتُنتجَ بيضة.

ألا تملك بعض سيْرورات الجُسيْمات سهمَ زمنٍ مبنيّا فيها؟

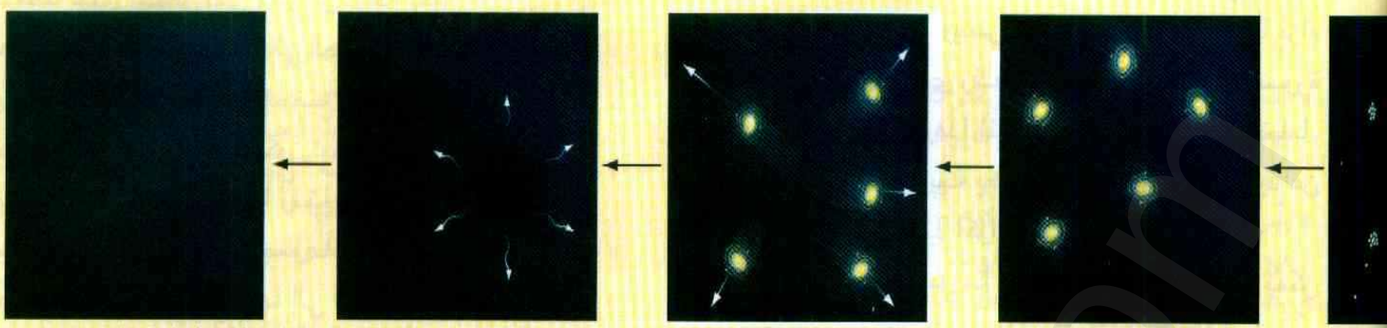
إن اضمحلال بعض الجُسيْمات الأولية، مثل **الكيونات** Kaons المتعادلة، يحدث بتواتر أكبر في اتجاه واحد للزمن منه في الاتجاه الآخر. (لا يحتاج الفيزيائيون إلى السفر إلى الوراء في الزمن ليلاحظوا اللاتماثل هذا؛ إذ يستطيعون استخلاصه من التجارب على خصائص الجُسيْمات ذات العَلاقة). لكن هذه السيرورات عكوسة (قابلة للعكس)؛ بخلاف تزايد الإنتروپية. لذلك، فهي لا تفسر سهم الزمن. وإن النموذج المعياري لفيزياء الجُسيْمات يبدو غير قادر على تقديم أي مساعدة على تفسير الإنتروپية المتدنية للكوْن المبكّر.

RESTORING SYMMETRY TO TIME (*)
TIME'S ARROW . FAQs, PART I (**)
cosmological inflation (١)

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

المتدنّية البدائية. ويضيف نموذجُ مؤلف المقالة حقبة متعلقة بما قبل التاريخ. فقد بدأ الكون فارغا وسينتهي فارغا؛ وظهور النجوم والمجرات هو انحرافٌ مؤقت عن حالته الاتزانية العادية. (هذا الشكل تخطيطي؛ وهو لا يُظْهِرُ أنّ الكون آخذ في التمدّد).



الكوْن هذه الأيام.

توسّع متسارع يبعد المجرّات عن الأنظار.

كل مجرّة تنهار لتصبح ثقبا أسود يتبخّر إلى غاز منتشر.

الفضاء فارغ تقريبا.

ولسوء الحظ، فإن هذا الحَدْس مضلّل. فللكونِ المبكّرِ، حتى لو كان قطره سنتيمترا واحدا فقط، العدد نفسه تماما من الحالات الميكروية كما للكون الذي نرصده في أيامنا هذه برمّته. ذلك أنه وَفْقا لقواعد الميكانيك الكمومي، فإن العدد الكلّيّ للحالات الميكروية في نظامٍ ما لا يتغيّر البتّة. (تزداد الإنتروپية ليس لأنّ عدد الحالات الميكروية يزداد؛ بل لأن النظام ينتهي بطريقة طبيعية إلى أكثر الحالات الماكروية عموميّة). إن الكون في بواكيره هو النظام الفيزيائي نفسه للكون في خواتيمه. وفي النهاية، فإن أحدهما يتطور إلى الآخَر.

ومن بين جميع الطرق المختلفة التي يمكن للحالات الميكروية للكون أن تسلكها لتنظيم نفسها، فإن جُزءا صغيرا جدا منها يُقابل تشكيلا سلسا من الطاقة المعتمة فوق الكثيفة المحشورة في حجمٍ جدٍّ صغيرٍ. إن الشروطَ اللازمةَ لبدء انتفاخ خاصّةٌ للغاية؛ ومن ثَمّ فهي تصف تشكيلَ إنتروپية بالغة الانخفاض. وإذا تعيّن عليك اختيار تشكيلات للكون عشوائيًا، فإن وقوعَك على الشروط السليمة لبدء انتفاخٍ ما أمرٌ بعيد الاحتمال جدًا. فالانتفاخ لا يفسّرُ، بحدّ ذاته، لماذا يكون للكوْن المبكّر إنتروپية متدنية؛ إنه، ببساطة، يقبل هذه القيمة منذ البداية.

كوْن متماثل زمنيًا(*)

وهكذا، فإن الانتفاخَ يُساعدُنا على تفسير اختلاف الماضي عن المستقبل. وإنها استراتيجية جريئة، لكنْ بسيطة، أن نقول فقط: ربما كان الماضي البعيد جدًا غيْرَ مختلف عن المستقبل. وربما كان الماضي البعيد في الواقع، كالمستقبل، حالة ذات إنتروپية عالية. وإذا كان هذا هو الحال، فإن الحالة الحارة الكثيفة التي ما فتئنا نسميها «الكون المبكّر» ليست في واقع الأمر البدايةَ الحقيقةَ للكوْن، بل مجرد حالةٍ انتقاليةٍ بيْن طوْريْن في تاريخه.

يتصور بعض علماء الكسمولوجيا أن الكوْن مرّ في «قفزة مفاجئة». قبل هذا الحدث، كان الفضاء يتقلّص؛ لكنْ بدلا من أن يتحطّمَ في نقطةٍ كثافتها لانهائية، هبّت قوانينُ فيزيائيةٌ جديدة ـ الثقالة الكمومية، أبعاد إضافية، نظرية الأوتار، أو ظواهرُ غرائبيّة أخرى ـ لإنقاذ الوضع في اللحظة الأخيرة؛ وبزغ الكوْن في الجانب الآخر [من القفزة] بما ندرك اليوم أنه **الانفجار الأعظم**(١). ومَعَ أن هذه القوانين مثيرة للاهتمام، فإن علماء الكسمولوجيا الذين يعتمدون القفزة المفاجئة لا يفسّرون سَهْمَ الزمن. فإمّا أن الإنتروپية كانت تتزايد عند اقتراب الكون السابق من الانسحاق ـ وفي هذه الحالة يمتد سهم الزمن بلا نهاية إلى الماضي ـ أو أنّ الإنتروپية كانت تتناقص؛ وفي هذه الحالة حدثت حالةٌ غيرُ طبيعيّة من الإنتروپية المتدنّية في منتصف تاريخ الكون (عند حدوث القفزة المفاجئة). وفي كلتا الحالتيْن، نكون قد عدنا ثانية إلى السؤال عن السبب الذي جعل الإنتروپية، قرب ما نسميه الانفجار الأعظم، صغيرة.

وبدلا من ذلك لنفترض أن الكوْن بدأ بحالة إنتروپية عالية؛ وهي حالته الطبيعية الأكثر احتمالا. والفضاء الفارغ هو مرشّح جيد لمثل هذه الحالة. ومثل أي حالة جيدة تتسم بإنتروپية عالية، فإن نزوع الفضاء الفارغ هو إلى البقاء على حاله. لذلك، فالمسألة هي: كيف يمكن إخراج كوننا

(*) A Time-Symmetric Universe

(**) FAQs, PART II

(١) big bang

أسئلة وأجوبة، الجزء 2(**)

هل يوجد للميكانيك الكمومي سهمٌ للزمن؟

وَفْقا للتفسير المعياري للميكانيك الكمومي، يتسبّب قياسُ نظامٍ ما في أن «تنهار» **دالّتُه الموجيّة** wave function؛ وهذه سيْرورة لاتماثلية في الزمن. لكنّ السبب في انهيار الدوالّ الموجيّة، وعدم عودتها أبدا إلى ما كانت عليه، هو السبب نفسه في أن البيض ينكسر ولا يمكن البتة أن يعود إلى حالته الأصلية؛ أي إن الانهيارَ يزيد إنتروپية الكون. ولا يساعد الميكانيك الكمومي على تفسير السبب في أن الإنتروپية كانت متدنيّة في المقام الأول.

لماذا نتذكر الماضي، لا المستقبل؟

لتكوين ذاكرة يُعوَّلُ عليها، لا بد أن يكون الماضي منظّما؛ أي أن يكون له إنتروپية متدنية. أما لو كانت الإنتروپية عالية، لكانت معظم «الذكريات» تقلّباتٍ عشوائيّة، وغير مرتبطة إطلاقا بما حدث حقّا في الماضي.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الحالي من زمكان مقفر هامد؟ قد يكمن السّر في وجود الطاقة المعتمة.

بوجود الطاقة المعتمة، لا يكون الفضاء الفارغ خاليا كلّيًا. فتقلّبات المجالات الكمومية تولّد حرارة منخفضة جدًا؛ أخفض بقدْرٍ هائلٍ من درجة الكوْن الحالي، ولكن لا تصل تماما إلى الصفر المطلق. إن جميع المجالات الكمومية تخضع لتقلّباتٍ، من وقت إلى آخر، في مثل هذا الكوْن. وهذا يَعني أنه غير هامد كلّيًا. فإذا انتظرنا وقتا كافيا، فإن جُسيْماتٍ منفردة، وحتى مجموعات كبيرة من الجُسيْمات، ستبرز بتقلّباتها إلى الوجود، قبل انتشارها ثانية في الخلاء. (هذه جُسيْمات حقيقية؛ خلافا للجُسيْمات «الافتراضية» القصيرة العمر التي يحويها الفضاء الفارغ، حتى عند غياب الطاقة المعتمة).

ومن بين الأشياء التي يمكن أن تبرز بتقلّباتها إلى الوجود رُقَعٌ صغيرة جدًا من الطاقة المعتمة فوق الكثيفة. وإذا كانت الظروف ملائمة تماما، فمن الممكن أن تنتفخَ رقعةٌ منها وتنسلّ لتكوّن كوْنا منفصلا قائما بذاته؛ كوْنا رضيعا. وربما كان كوْننا من نَسْلِ كوْنٍ آخر.

ولهذا السيناريو بعض الشبه، ظاهريًا، بالوصف المعياريّ للانتفاخ. ففي ذاك الوصف، أيضا، نفترض أن رقعة من الطاقة المعتمة فوق الكثيفة تنشأ بمحض المصادفة، مشعلة الانتفاخ. ويكمن الاختلافُ في طبيعة شروط البدء. فالتفسير المعياريّ هو أن الرقعة نشأت عن كونٍ شديد التقلّب، لم تُولَد فيه الغالبيّة العظمى من التقلّبات ما يشبه الانتفاخ. ويبدو أن الأكثر احتمالا للكون هو أن يتقلب مباشرة إلى انفجار أعظم حار؛ متجاوزا مرحلة الانتفاخ تماما. وفيما يتعلق بالإنتروبية، سيكون حتى الاحتمال الأكبر للكون التقلّب مباشرة إلى التشكيل الذي نراه هذه الأيام؛ متجاوزا الأربعة عشر بليون سنة الماضية من التطوّر الكونيّ.

وفي السيناريو الجديد الذي وضعناه، فإن الكوْن السابق الوجود لم يكن يتقلّب عشوائيًا؛ إذ إنه كان في حالة محدّدة جدًا: كان فضاء فارغا. ما تذهب إليه هذه النظرية ـ وما يظلّ دون برهان ـ هو أن أكثر الطرق احتمالا لتوليد أكوان مثل كوننا، انطلاقا من حالة سابقة الوجود كهذه، هي المرور بحقبةٍ من الانتفاخ، بدلاً من التقلّب إليه مباشرة. بعبارة أخرى، فإن كوْننا حالة تقلّب محدّدة، لكنّ ليست عشوائيّة.

أسئلة وأجوبة، الجزء 3(*)

هل يمكن اختبار صحة نظرية الكون المتعدد؟

إن فكرة أن الكون يمتد أبعد كثيرا مما يمكننا أن نراه ليست نظرية حقًا؛ إنها تنبؤ لنظريات معينة في الميكانيك الكمومي والثقالة. ويقر الجميع بأنه من الصعب اختبار هذا التنبؤ. لكن جميع نظريات الفيزياء تجبرنا على تجاوز حدود ما يمكننا رؤيته مباشرة. على سبيل المثال، يتطلّب أفضل نموذج حاليّ لأصل البنية الكونية، ونعني به سيناريو الكون المنتفخ، أن نفهم الظروف التي كانت سائدة قبل الانتفاخ.

سيناريو «وُرّا»(**)

يقدّم هذا السيناريو، الذي اقترحتُه عام 2004 و<J. تشين> [من جامعة شيكاغو]، حلاً استفزازيًا لأصل لاتماثل الزمن في كوننا المرصود. وينصّ هذا السيناريو على أن ما نراه ليس سوى رقعةٍ صغيرةٍ جدًا من الصورة الكبيرة؛ وهذا الميدان الأكبر متماثل الزمن تماما. فالإنتروبية يمكن أن تزداد من دون حدودٍ عن طريق توليد أكوانٍ رُضّعٍ جديدة.

وأفضل ما في الأمر أنّ هذه القصة يُمكن سردها باتجاه الماضي وباتجاه المستقبل. تصوّر أننا نبدأ بفضاءٍ فارغ في لحظة معينة، وأننا نرقبه يتطوّر باتجاه المستقبل وباتجاه الماضي. (إنه يسير بكلا الطريقيْن، لأننا لا نفترض سهما زمنيًا أحاديّ الاتجاه). إن الأكوان الرُّضّع تتناوب الوجودَ في كلا اتجاهي الزمن؛ وهي، في النهاية، تُخْلي المكان وتلد رُضّعا من صُلبها. في المقاييس فوق الكبيرة، يبدو مثلُ هذا الكون المتعدّد متماثلا إحصائيًا بالنسبة إلى الزمن؛ إذ إن كُلا من الماضي والمستقبل سيُبرز أكوانا جديدة تتأرجح إلى الحياة وتنتشر بلا حدود. وسيخضع كل منها لسهمِ زمنٍ؛ لكنْ سيكون لنصفها سهمٌ انعكس بالنسبة إلى سهم الأكوان الأخرى.

قد تبدو فكرةُ كون ذي سهم زمنيٍّ متجهٍ نحو الماضي مثيرة للإزعاج. فلو قابلنا أُناسا من ذاك الكون، فهل سيتذكّرون المستقبل؟ لحسن الحظ، لا يوجد خطر من مثل هذا اللقاء. ففي السيناريو الذي نصفه، تكون الأماكن الوحيدة التي يبدو فيها الزمن عائدا إلى الوراء بعيدة بعدا هائلا في ماضينا؛ أسبق بكثير من انفجارنا الأعظم. وفي الوسط، يوجد امتداد فسيح من الكون الذي يبدو أن الزمن لا يجري فيه إطلاقا؛ فلا وجود فيه تقريبا للمادة، وإنتروبيته لا تتطور. وأي أُناسٍ عاشوا في إحدى المناطق ذات الزمن المعكوس لم يكونوا ليُولدوا مُسنّين ويموتوا فتيّين؛ أو يحصل لهم أي شيء خارجٍ عن المألوف. فبالنسبة إليهم، سوف ينساب الزمن بطريقة تقليدية تماما. ولن يبدو أي شيء خارجا عن المألوف إلا عند مقارنة كونهم بكوننا؛ فماضينا هو مستقبلهم، والعكس بالعكس. لكنّ مثلَ هذه المقارنة افتراضيةٌ تماما؛ ذلك أننا لا نستطيع أن نذهب إلى هناك، كما أنهم لا يستطيعون المجيء إلينا.

(*) FAQs, PART III
(**) Emit fo Worra

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

تاريخ الكوْن القابل للرصد(*)

نورد فيما يلي سلسلة زمنية للأحداث المهمّة في تاريخ كوننا القابل للرصد، وَفْقا للكسمولوجيا التقليدية.

- الفضاء فارغ، لا يحوي شيئا سوى قدرٍ بالغ الصغر من **طاقة الخلاء** vacuum energy، وجُسَيْمٍ عَرَضيٍ طويل الموجة تَكوّن بواسطة تقلّبات المجالات الكموميّة التي تسود الفضاء.
- يهبّ فجأة إشعاع بالغ الشدة عبر الكون، وذلك بشكل كروي مركزه نقطة في الفضاء. وحين يتجمّع الإشعاعُ في تلك النقطة، يتكوّن «ثقب أبيض».
- يكبر الثقب الأبيض تدريجيا لتصل كتلته إلى بلايين أضعاف كتلة الشمس، وذلك عن طريق تنامي إشعاع إضافيٍ لحرارةٍ متناقصة أبدا.
- تبدأ ثقوب بيضاء أخرى بالاقتراب من بقاع تبعد بلايين السنوات الضوئية. وهذه تكوّن توزيعا متجانسا، وتتحرك جميعها ببطءٍ الواحد نحو الآخر.
- تبدأ الثقوب البيضاء بفقد كتلتها بواسطة قذفها غازا وغبارا وإشعاعا في البيئة المحيطة بها.
- يتفجّر الغاز والغبار تفجُّراتٍ داخلية بين الآونة والأخرى، تسفر عن تكوين نجوم تنشر نفسها لتكوّن مجرات تحيط بالثقوب البيضاء.
- ومثلما حدث للثقوب البيضاء قبلها، تتلقّى هذه النجوم الداخلية إشعاعا موجّها باتجاه أقسامها الدّاخليّة. وهي تستعمل طاقة هذا الإشعاع لتحوّل العناصر الثقيلة إلى عناصرَ أخف.
- تتبدّد النجوم إلى غاز ينشر نفسه تدريجيا عبر الفضاء؛ وتواصل المادة بمجملها التحرك معا لتزداد كثافتها.
- تتزايد حرارة الكون وكثافته، ليتقلّص أخيرا إلى «سَحْقَة» كبيرة.

ومن نافلة القول إن هذه ليست الطريقة المعتادة التي نصف بها تاريخ الكون؛ إنها المتتالية التقليدية من الأحداث التي تُسرَد لدى العودة بالزمن إلى الماضي. لكن قوانين الفيزياء تعمل على قدم مساواة حين نسير بالزمن إلى الأمام أو إلى الوراء. لذلك، فإن هذه المتتالية صحيحة ومنطقية شأنها شأن المتتالية العادية. إنها تؤدي الغرض لتوضيح كم أنّ التّاريخ الكلّي لكوْننا القابل للرّصد هو بعيدٌ الاحتمال حقّا. **S.M.C.**

ومنذ هذه اللحظة، فإن هيئة المحلّفين [في محاكمتنا] ستنهش نموذجنا. فقد تدبّر علماء الكسمولوجيا، طوال سنوات متعدّدة، فكرةَ الأكوان الرضّع؛ لكننا لا نفهم سيرورة الولادة. فإذا كان بمقدور التقلبات الكمومية استحداث أكوان جديدة، فبمقدورها أيضا استحداث أشياء كثيرة أخرى؛ مجرّة كاملة، مثلا. وكي يتمكّن سيناريو كالذي وضعناه من تفسير الكون الذي نراه، عليه التنبؤ بأن معظم المجرّات تنشأ في عقابيل الانفجار الأعظم؛ بوصفها أحداثا، وليست تقلّبات منعزلة عن غيرها في كون فارغ. وإذا لم يكن الأمر كذلك، فسيبدو كوننا غير طبيعي إلى حد بعيد.

لكن ما يُستخلص من ذلك عمليا ليس أي سيناريو خاصٍّ لبنية الزمكان بمقاييسَ فائقة الكبر؛ إنها فكرة أن أي سمة لافتة للنظر إلى كوننا القابل للرصد ـ [خصوصا] سهم الزمن الناشئ عن ظروف ذات إنتروپية جدّ منخفضة في باكورة الكون ـ يمكن أن تزوّدنا بمفاتيح لحل لغز طبيعة الكون غير *القابل للرصد*.

وكما ذُكر في مطلع هذه المقالة، فإنه من الظريف الحصول على صورة توائم البيانات، إلاّ أن علماء الكُسمولوجيا يطلبون أكثر من ذلك؛ فنحن نسعى وراء فهمٍ لقوانين الطبيعة ولكوننا الخاص، بحيث يكون لكلّ شيء معنى بالنسبة إلينا. نحن لا نريد أن نضطرّ لتقبل السمات الغريبة لكوننا كحقائقَ فجّة. ويبدو أنّ لاتماثل الزمن الدراميّ لكوننا المرصود يقدّم لنا مفتاحا لحلّ لغزِ شيءٍ أعمق؛ أعني إشارة خفية إلى الأدوار النهائيّة إلى المكان والزمان. ومهمتنا، بوصفنا فيزيائيين، هي استعمال هذا المفتاح ومفاتيحَ أخرى كي نضعَ معا صورة مُقنعة.

إنْ كان الكون القابل للرصد هو كل ما كان موجودا، فقد يكون من المستحيل تقريبا تفسير سهم الزمن بطريقة طبيعية. أما إذا كان الكون المحيط بنا جُزءا صغيرا جدّا من صورة أكبر، فإن إمكانات جديدة تقدّم نفسَها. فبإمكاننا أن ندرك جُزَيْئَنا الصغير من الكون بوصفه مجرّد قطعة من الأحجية، وجُزءا من نزوع النظام الأكبر لزيادة إنتروپيته من دون حدود في الماضي البعيد جدا والمستقبل البعيد جدّا. وإذا أردنا إعادة صياغة ما قاله الفيزيائي <R. تراپون>، فإن الانفجار الأعظم يكون أيسرَ فهما إذا لم يكن بدايةَ كلِّ شيء، بل مجرّدَ واحدٍ من تلك الأشياء التي تحدث من وقت إلى آخر.

وهنالك باحثون آخرون يعالجون أفكارا متصلة بالأفكار السابقة؛ إذ إن عددًا متزايدا من علماء الكسمولوجيا يَحْمِلُونَ المسألةَ التي طرحها سهمُ الزمنِ على محمل الجِدّ. ومن السّهل جدّا ملاحظةُ السّهم: كل ما عليك عمله هو مزج قليلٍ من الحليب في قهوتك. وفي أثناء رشفك لهذا المزيج، يمكنك التأمّل كيف أن هذا العمل البسيط يمكن تعقّبه بالعودة بالزمن إلى الوراء، وصولا إلى بداية كوننا القابل للرصد؛ وربما إلى ما قبل ذلك. ■

(*) The History of the Observable Universe

مراجع للاستزادة

Time's Arrow and Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time. Huw Price. Oxford University Press, 1996.

Spontaneous Inflation and the Origin of the Arrow of Time. Sean M. Carroll and Jennifer Chen. Submitted on October 27, 2004. www.arxiv.org/abs/hep-th/0410270

Dark Energy and the Preposterous Universe. Sean M. Carroll in *Sky & Telescope*, Vol. 109, No. 3, pages 32–39; March 2005. Available online at www.preposterousuniverse.com/writings/skytel-mar05.pdf

Scientific American, June 2008

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

ما هو النوع؟(*)

حتى هذا اليوم، ما زال العلماء يجهدون مع هذا السؤال. إن تعريفا أفضل للنوع يمكن أن يكون له أثر في تحديد الأسماء التي تشكل قائمة الحيوانات المهددة بالانقراض.

<C. زيمر>

إذا ما تسنّى لك زيارة ميدان ألگونكوين پروڤينشال پارك في أونتاريو، فإنه يمكن أن يتناهى إلى سمعك عواء الذئاب الموحش. بل إنه قد يسعدك الحظ، فتلمح جماعة منها وهي تتسابق عبر الغابة. ولكن بعد عودتك إلى الوطن وفي أثناء استعراضك متباهيا للصور غير الواضحة التي التقطتها، تتساءل ما هي الأنواع التي ستفاخر بأني قد رأيتها؟ سوف تختلف الإجابة عن هذا السؤال باختلاف العالِم الذي يوجَّه إليه، بل إن بعض هؤلاء العلماء قد يقدم إليك عدة إجابات مختلفة للسؤال نفسه في الوقت عينه.

في القرن الثامن عشر أطلق علماء الطبيعة الأوروبيون اسم النوع *Canis lycaon* على الذئاب الموجودة في كندا وشرقيّ الولايات المتحدة الأمريكية، وذلك لأنها بدت متميزة عن الذئب الرمادي *Canis lupus* الموجود في أوروبا وآسيا. ومع بدايات القرن العشرين قرر علماء الطبيعة في أمريكا الشمالية أن هذه الذئاب هي في الحقيقة ذئاب رمادية أيضا. ولكن العلماء الكنديين الذين كانوا خلال السنوات القليلة الماضية قد حلَّلوا **دنا** DNA الذئاب، عادوا من حيث أتوا. لقد برهنوا أن الذئاب الرمادية الموجودة في القارة الأمريكية تعيش فقط في الجزء الشمالي الغربي منها، أمّا الذئاب الموجودة في ميدان ألگونكوين پروڤينشال پارك فتنتمي إلى نوع منفصل يريدون أن يطلقوا عليه اسم *C. lycaon* مرة أخرى.

ولا يعتقد خبراء آخرون في الذئاب أن هناك دليلا كافيا يدعو إلى فصل الذئاب الرمادية *C. lupus* إلى نوعين منفصلين. ويتفق الطرفان على أن هوية ذئاب الألگونكوين قد أصبحت أقل وضوحا، ويُردّ ذلك إلى **التهاجن (التزاوج المختلط)** interbreeding. فقد انتشر **القَيُّوط** coyotes (وهو نوع آخر تابع للجنس *Canis*) باتجاه الشرق وبدأ بالتهاجن مع النوع *C. lycaon*. والآن يحمل جزء لا بأس به من حيوانات القَيُّوط الشرقية دنا الذئب، والعكس بالعكس. وفي هذه الأثناء كانت أفراد النوع *C. lycaon* تتهاجن مع الذئاب الرمادية على الحدود الشرقية لميدان انتشارها. وهكذا لم تكتف حيوانات الألگونكوين بمزج دنا النوع *C. lycaon* بدنا النوع *C. lupus* ـ وإنما تقوم بتمرير دنا نوع القَيُّوط كذلك.

حتى لو أن حيوان *C. lycaon* كان ذات مرة نوعا، فهل مازال كذلك؟ يجد العديد من الباحثين أن أفضل طريقة للنظر إلى النوع هو أنه **عشيرة** population تتزاوج أفرادها في الغالب فيما بينها، مما يجعل هذه المجموعة متميزة وراثيا من الأنواع الأخرى. وعندما يتعلق الأمر بالذئاب والقَيُّوط، فمن الصعب تحديد أين ينتهي أحد هذين النوعين وأين يبدأ الآخر. يقول <B. وايت> [من جامعة ترينت في أونتاريو]: «نحن نحب أن ندعوه حَساء *Canis*.»

إن النقاش الدائر لا يتعلق فقط بحقوق إطلاق أسماء صحيحة، بل يتعدى ذلك بكثير. فالذئاب الموجودة في الجزء الجنوبي الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية تُعَدُّ نوعا منفصلا، هو الذئب الأحمر *Canis rufus*. وقد كان هذا الذئب موضوعا لمشروعٍ ضخمٍ من أجل حمايته من الانقراض، تضمَّن جهودا لتربيته في الأسر، ثم برنامجا لإعادة إدخاله إلى الطبيعة البرية. ولكن العلماء الكنديين يجادلون بأن الذئب الأحمر هو في الحقيقة مجرد عشيرة جنوبية معزولة من النوع *C. lycaon*. فإذا ما كان هذا صحيحا، فإن الحكومة لم تكن في الحقيقة تحافظ على «نوع» من الانقراض، إذ إن آلافا من الحيوانات المنتمية إلى النوع نفسه مازالت تزدهر في كندا.

وكما تثبت حالة ذئاب ألگونكوين، فإن تعريف النوع يمكن أن يكون له أثر كبير في حصول مجموعة مهددة بالانقراض على الحماية، أو حصول **موطن بيئي** habitat ما على الحماية من الضياع. يقول <A. تيمپلتون> [من جامعة واشنطن في سانت لويس] «على نحو ما، إنه موضوع يخص **فئة قليلة** esoteric، ولكنه من ناحية أخرى هو موضوع عملي جدا، بل حتى إنه قضية ذات أبعادٍ قانونية.»

(*) WHAT IS A SPECIES?

مفاهيم مفتاحية

- بداية عَرَّفت أنظمة التصنيف الرسمية الأنواع على أساس سمات مرئية، مثل الزعانف والفراء. فيما بعد، تغير مفهوم النوع، بحيث حدَّد أنه من أجل أن ينتمي كائنان إلى النوع نفسه يجب أن تتوفر لديهما القدرة على التزاوج.
- اليوم يمكن التحقق من التنوع البيولوجي عن طريق **اعتيان** sampling **الدنا** DNA، وتَتَبُّع الكيفية التي **ينحدر** descended فيها النوع من **سلف مشترك** common ancestor.
- إن الجدل حول تعريف النوع لم ينتهِ بعد، فهو أكثر من مجرد جدل أكاديمي. إن التصنيف الصحيح ضروري من أجل تعيين قائمة المتعضيات (الكائنات) المهددة بالانقراض.

محررو ساينتفيك أمريكان

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

توضح حالة الذئاب سبب كون تصنيف الأنواع مربكا. كان الحيوان *Canis lycaon* نوعا من الذئاب جال في غابات أونتاريو في القرن الثامن عشر. لكن علماء الأحياء أعادوا تصنيف هذه الحيوانات في بداية القرن العشرين لتصبح نوعا آخر هو *C. lupus* وذلك قبل أن تعاد تسميتها *C. lycaon* خلال السنوات القليلة الماضية. والآن يعد بعض خبراء الذئاب هذه الحيوانات خليطا من بضعة أنواع، بما فيها ذئب القيُّوط coyotes (*C. latrans*) والذئب الرمادي.

ارتباك في التعاريف(*)

قد يكون مفاجئا لنا رؤية العلماء يجهدون للاتفاق على شيء أساسي جدا مثل كيف نقرر أن مجموعة من **المتعضّيات** organisms (الكائنات الحية) تشكل نوعا مستقلا. ربما تكون اللغة اللاتينية هي المسؤولة عن إضفاء تلك النفحة من اليقين المطلق على أسماء الأنواع، وأن هذا هو الذي ضلل العامة إلى الاعتقاد أن قواعد تسمية الأحياء سهلة؛ أو ربما هي الـ1.8 مليون نوع التي قام العلماء بتسميتها خلال القرون القليلة الماضية؛ أو ربما إنها القوانين التي من قبيل **قانون الأنواع المهددة بالانقراض** Endangered Species Act، هي التي تسلِّم بأننا نعرف ما هي الأنواع. ولكن في الحقيقة، إن مفهوم النوع بحد ذاته قد أثار نقاشا لعقود من الزمن. يقول <ل. مارشال> [عالم البيولوجيا من جامعة يوتاه الجنوبية] «ليس هناك أي اتفاق عام بين علماء البيولوجيا حول ماهية النوع.» وفي آخر إحصاء، كان هناك على الأقل 26 مفهوما منشورا ومتداولا لتعريف النوع.

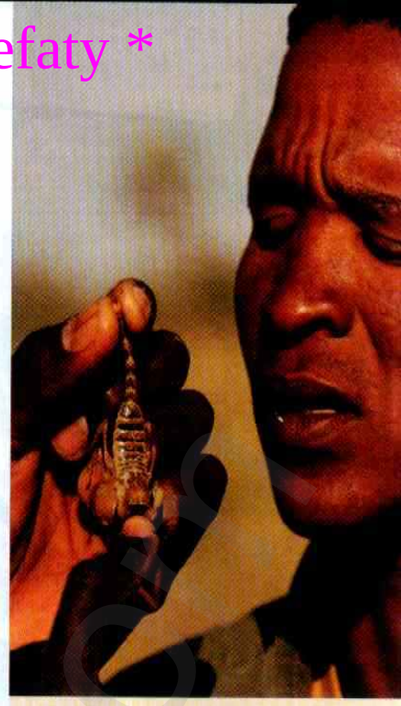
وما يجعل هذا الاختلاف لافتا بشكل أكبر هو أن ما يعرفه العلماء الآن عن الآلية التي تطورت بها الحياة إلى أشكال جديدة أكثر بشكل كبير مما كانوا يعرفون عنها عندما بدأ النقاش عن الأنواع لأول مرة . فحتى قبل فترة قريبة لم يكن ممكنا لعلماء التصنيف تحديد الأنواع الجديدة إلا من خلال ما كان يمكن لهم مشاهدته ـ أشياء مثل الزعانف والفراء والريش. واليوم صار بإمكانهم قراءة تسلسلات جزيء الدنا، وهم الآن يكتشفون احتواءها على ثروة مخبأة من التنوع البيولوجي.

يتوقع <تيمبلتون>، مع خبراء آخرين، أن النقاش ربما يكون قد وصل أخيرا إلى نقطة انعطاف. إنهم يعتقدون أنه من الممكن الآن جمع كثير من المفاهيم المتنافسة لتعريف النوع في مفهوم واحد يضمها جميعا. وسيطبَّق هذا المفهوم الموحَّد للنوع على أي صنف من المتعضيات، من **الطيور المقلدة (المحاكية)** mockingbirds إلى **الميكروبات (الكائنات الدقيقة)** microbes. ويأمل هؤلاء الباحثون أنّ هذا المفهوم الجديد للنوع سوف

(*) An Embarrassment of Definitions

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *



الحكمة الشعبية(*)

أنظمة التصنيف الشعبية القديمة المستخدمة من قبل قبائل السّان وغيرهم من السكان الأصليين مازالت تسمي النباتات والحيوانات على أساس صفات يمكن ملاحظتها. غالبا ما لجأت الطرق التي أتت لاحقا، مثل «تصنيف لينيوس»، إلى هذا الأسلوب من التصنيف والترتيب.

يؤدي إلى تطوير أدوات فعالة من أجل تعرف أنواع جديدة.

قبل بزوغ فجر العلم بوقت طويل، شرع الإنسان في تسمية الأنواع. فلكي يتمكن البشر من صيد الحيوانات وجمع النباتات كان يتعين عليهم معرفة ما الذي يتحدثون عنه. وظهر **علم التصنيف** Taxonomy، وهو العلم الحديث الذي يعنى بتسمية الأنواع، في القرن السابع عشر وصار علما قائما بحد ذاته في القرن التالي، ويعود معظم الفضل في ذلك إلى أعمال عالم الطبيعة السويدي <C. لينيوس> الذي ابتكر نظاما من أجل وضع الأشياء الحية ضمن مجموعات ومجموعات جزئية. ويتشارك كل فرد من أفراد مجموعة في سمات أساسية محددة. فانتمى الإنسان إلى طائفة **الثدييات** mammals، وهذه الطائفة تضمّ رتبة **الرئيسات** primates، وانتمى ضمن هذه الرتبة جنس *Homo*، الذي يقع فيه نوع الإنسان *Homo sapiens*. وأعلن <لينيوس> أن كل نوع من الأنواع المعروفة وجد منذ بداية الخلق، حيث قال: «يعادل عدد الأنواع الموجودة عدد الأشكال المتنوعة التي أنتجها **الكائن اللانهائي**(١) منذ بداية الخلق.»

لقد جعل نظام <لينيوس> الجديد عمل علماء التصنيف أكثر سهولة، ولكن تبين أن محاولة رسم الحدود بين الأنواع كثيرا ما كان أمرا مُحْبِطا. فقد يتزاوج نوعان من الفئران في المواقع التي تتداخل فيها أماكن تواجدهما، وهذا يثير سؤالا حول الاسم الذي يجب أن يعطى للنسل الهجين الناتج من تزاوجهما. كما كان هناك تخبط داخل النوع أيضا. فعلى سبيل المثال، يمتلك طائر **طيهوج (تَرَّمجان)**(٢) **الصفصاف** willow ptarmigan الموجود في إيرلندا ريشا يختلف قليلا عن الريش الموجود على طائر الطيهوج الموجود في أسكوتلندا، والذي يختلف بدوره عن الطائر نفسه الموجود في فنلندا. لم يستطع علماء الطبيعة الاتفاق فيما إذا كانت هذه المجموعات الثلاث من الطيور تنتمي إلى ثلاثة أنواع مختلفة من الطيهوج أو أنها مجرد **ضروب** varieties - أو بكلمات أخرى مجموعات جزئية من نوع واحد.

كان <تشارلز دارون>، على سبيل المثال، تسرّه متابعة هذه الصراعات. فقد كتب عام 1856 «من المضحك حقيقةً متابعة ما هي الأفكار المختلفة التي تأخذ مكانا بارزا في أذهان علماء طبيعة متباينين، عندما يتحدثون عن «الأنواع». أنا أعتقد أن كل هذا يأتي من محاولة تعريف ما هو غير قابل للتعريف.» وقد ناقش <دارون> أن الأنواع لم تكن ثابتة منذ نشأتها، وإنما تطورت. إن كل مجموعة من المتعضيات التي ندعوها نوعا تنشأ كضرب من نوع أقدم منها؛ إذ يقوم **الاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي** natural selection بتحويلها في أثناء تكيُّفها مع بيئتها. وفي الوقت نفسه تنقرض ضروب أخرى. وهكذا يصبح ضربٌ قديم مختلفا بشكل ملحوظ عن جميع المتعضيات الأخرى - وهذا هو ما ننظر إليه كنوع قائم بذاته. وقد أعلن <دارون> «أنا أنظر إلى مصطلح «النوع» على أنه مصطلح أُعطي اعتباطيا، ابتغاء تيسير الأمور، لمجموعة من الأفراد يشبه بعضها بعضا إلى حد كبير.»

وكعلماء التصنيف الذين سبقوه، لم يكن باستطاعة <دارون> دراسة الأنواع إلا بالعين المجردة: بملاحظة لون ريش الطيور، أو عَدِّ الصفائح الموجودة على هيكل **البَرَنْقيل**(٣) barnacle، مثلا. وكان على العلماء أن ينتظروا حتى بداية القرن العشرين ليتمكنوا من الشروع في اختبار الفروق الوراثية بين الأنواع. وقد أدّت أبحاثهم إلى طريقة جديدة في التفكير. فقد كان ما جعل النوعَ نوعا هو الحواجز التي تمنع النوع من التزاوج بأنواعٍ أخرى. يمكن **للجينات** genes أن تنتقل بين الأفراد أثناء تزاوجهم، ولكن هذه الأفراد تبقى عادة محصورة ضمن النوع، ويعود الفضل في ذلك إلى الحواجز التناسلية بين الأنواع. فقد تكون الأنواع المختلفة مستعدة للتكاثر في أوقات مختلفة من العام، أو أنها يمكن أن تجد تغريد التزاوج عند الأنواع الأخرى غير جذاب لها، أو ببساطة، لمجرد أن يكون دنا هذه الأنواع غير متوافق.

إن أفضل طريقة مفهومة لتطور هذه الحواجز هي من خلال **الانعزال** isolation، إذ يتعين على بعض الأفراد التابعة لنوع موجود - عشيرة من الأفراد - أن تصبح غير قادرة على التزاوج ببقية أفراد النوع التابعة له، كأن تمتد **مَجْلَدة**(٤) glacier لتفصل بين أماكن انتشارها، مثلا. وعندئذ تطور العشيرة المعزولة جينات جديدة، وبعض هذه الجينات الجديدة قد يجعل التزاوج بأفراد النوع الأصلي صعبا أو مستحيلا. وعلى مدى مئات آلاف السنين ينشأ العديد من العوائق والحواجز، بحيث تصبح العشيرة المعزولة نوعا مستقلا.

وأدّى هذا المفهوم لآلية نشوء الأنواع إلى مفهوم جديد لما يعنيه النوع. فقد أعلن <E. ماير> [عالم الطيور الألماني] بجرأة أن الأنواع ليست مجرد أسماء ملائمة ولكنها **كينونات** entities حقيقية، كما هي الجبال والبشر. ففي عام 1942 عرّف <ماير>

هناك على الأقل 26 مفهوما منشورا تحاول تقديم تعريف لما هو النوع.

(*) FOLK WISDOM

(١) the Infinite Being

(٢) طائر من رتبة الدجاجيات يعيش في الأصقاع الشمالية.

(٣) البرنقيلات حيوانات بحرية قشرية من رتبة هُدابيات الأرجل تلتصق بالصخور.

(٤) أو نهر من الجليد glacier. (التحرير)

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

عالَم لينيوس(*)

وضع <لينيوس> الأساس لعلم التصنيف الحديث خلال القرن الثامن عشر، حيث فرز جميع الأشياء الحية في مجموعات ذات ترتيب هرمي تتراوح بين مستوى العالَم (المملكة) (كالحيوانات والنباتات والفطور) هابطة إلى مستوى أنواع فردية، يمتلك كل منها مجموعة فريدة من السمات المشاهَدة.

ولكن ...

غالبا ما يواجه علماء الطبيعة صعوبات في تمييز نوع من آخر. فطيهوج (ترمجان) الصفصاف في اسكوتلندا له كساء من الريش مميز يختلف عن مثيله في فنلندا (في *اليسار*) ـ ومن غير الواضح ما إذا كان هذا الفرق كافيا لتبرير تقسيم هذين المخلوقين إلى نوعين منفصلين وفقا لنظام لينيوس التصنيفي.

النوع بأنه **مجمَّع جيني** gene pool، واصفا إياه بأنه مجموعة من العشائر التي لها القدرة على التكاثر فيما بينها وغير القادرة على التزاوج بنجاح بعشائر أخرى. وقد أصبح «**مفهوم النوع البيولوجي**» biological species concept، كما يطلق عليه الآن، المفهوم المعتمد في أمهات الكتب التعليمية.

بيد أنه بمرور الوقت أصبح العديد من العلماء غير راضين عن هذا المفهوم للنوع، حيث كانوا يجدونه أضعف من أن يساعدهم على فهم عالَم الطبيعة. وأحد الأمثلة على ذلك، أن مفهوم <ماير> للنوع لم يقدم أي دلالة على درجة **العزلة التكاثرية** reproductively isolated التي يجب على النوع أن يتمتع بها من أجل أن يستحق إطلاق صفة النوع عليه. وقد وجد البيولوجيون أنفسهم مرتبكين حيال أنواع كانت تبدو متميزة نسبيا من بعضها، ولكنها تتزاوج فيما بينها بانتظام. ففي المكسيك، مثلا، اكتشف العلماء مؤخرا أن نوعين من القردة كانا قد تشعبا من سلف مشترك قبل ثلاثة ملايين عام يتزاوجان فيما بينهما بانتظام. فهل تزاوجهما بتكرارية كبيرة يحول دون اعتبارهما نوعين منفصلين؟

ومع أن بعض الأنواع تبدو كأنها تتزاوج فيما بينها بتكرارية تفوق ما يناسب مفهوم النوع البيولوجي، فإن أنواعا أخرى يبدو أنها لا تتزاوج بما يكفي لاعتبارها أنواعا. فمثلا، يعيش نبات عباد الشمس في عشائر شديدة العزلة على امتداد أمريكا الشمالية. ونادرا ما تنساب الجينات من عشيرة إلى أخرى. ويمكن للمرء استخدام مفهوم <ماير> للنوع باعتبار كل من هذه العشائر نوعا منفصلا.

والأكثر صعوبة من بين جميع الأنواع هي تلك الأنواع التي ليس لديها أي صورة من صور التكاثر الجنسي. لنأخذ مثلا **خطا نَسَبِيا** lineage من الحيوانات المائية المجهرية التي تعرف باسم **الدوَّارات**(1) **(الروتيفيرات) العَلَقيَّة** bdelloid rotifers. تتكاثر معظم حيوانات شعبة **الدوَّارات** rotifers جنسيا، ولكن أنواع طائفة الدوارات العلقية قاطعت التكاثر الجنسي منذ حوالي 100 مليون عام، إذ إن جميع هذه الحيوانات إناث، وهي تكوِّن الأجنة من دون الحاجة إلى حيوانات منوية. فوفق مقاييس مفهوم النوع البيولوجي، انتقلت الحيوانات الدوَّارة العلقية من كونها نوعا لتصبح لانوعا، بغض النظر عما يعنيه ذلك.

(*) Linnaeus's Universe

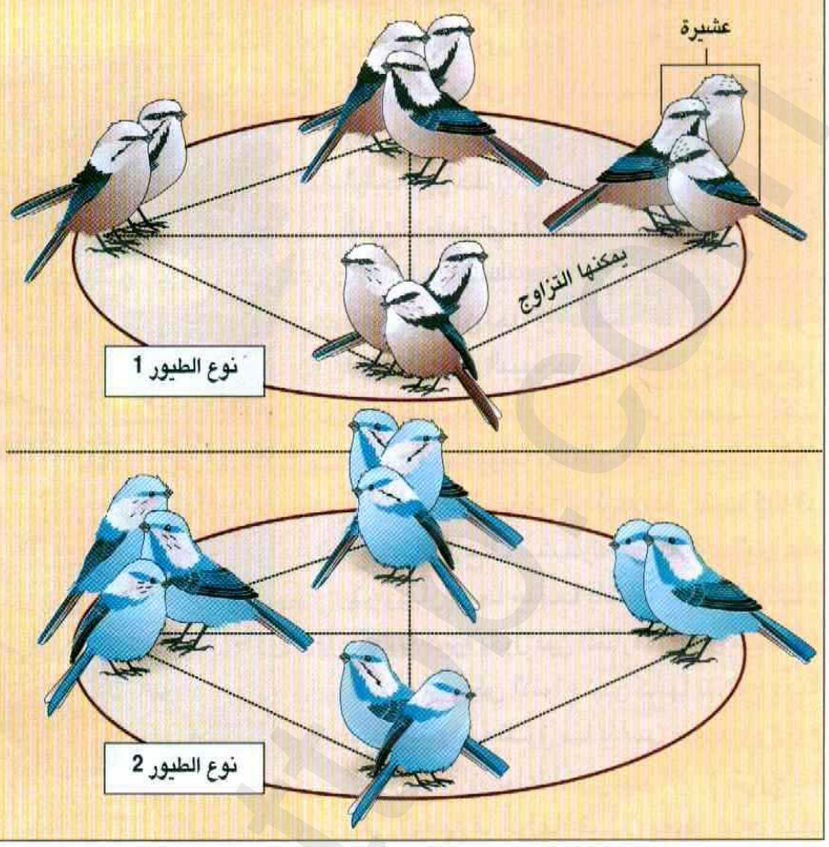
(1) هي شعبة من اللافقاريات المجهرية، يعيش معظمها في المياه العذبة. في قمة معظمها تاج يحمل طوقا أو مجموعات من الأهداب تستخدمها في الحركة والاغتذاء. والحركة المستمرة لهذه الأهداب تكسبها مظهر العجلة الدائرة. ويدير الحيوان نفسه حول محوره الطولي، ومن ثم تسمى هذه الحيوانات أيضا العَجَليات wheal animal cules، والدوارات العلقية طائفة منها. (التحرير)

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

البيولوجيا مصير(*)

غالبا ما تعرف كتب التعليم النوع ـ أدنى مرتبة في ترتيب لينيوس الهرمي ـ بأنه يتألف من متعضيات حية تتشارك في **مجمع جيني** gene pool متماسك. ووفقا لمفهوم النوع البيولوجي، يمكن لأفراد عشيرة ما أن تتزاوج بنجاح ببعضها وبعشائر أخرى ضمن النوع نفسه، ولكن لا يمكنها التزاوج بأفراد تابعة لنوع آخر.



ولكن ...

بعض المتعضيات ـ **كالدوارات العلقية** bdelloid rotifers مثلا ـ لا يتكاثر جنسيا. كذلك فإن نوعين من القردة المكسيكية العاوية (*الصورتان في الأسفل*)، تفرَّعا عن سلف مشترك عاش قبل ثلاثة ملايين عام ومازالا قادرين على التزاوج أحدهما بالآخر حتى الآن.

معادلة عديمة الجنس(**)

أدى هذا النوع من عدم الرضا ببعض العلماء إلى ابتكار مفاهيم جديدة للنوع. وقد صِيغَ كل مفهوم ليجسد جوهر مفهوم النوع. وواحد من أشد منافسي مفهوم النوع البيولوجي، ويُدْعَى **مفهوم النوع المعتمد على أصول الأنساب** phylogenetic species concept، يأخذ الجنسَ من معادلة تعريف النوع ويضع مكانه التحدُّر من سلف مشترك.

فالمتعضيات المتقاربة(١) تتشارك في سماتها لكونها تتشارك في **سلفية** ancestry واحدة. فالإنسان والزرافات والوطاويط تنحدر جميعها من ثدييات قديمة، ومن ثم لديها شعرٌ وأثداء. وضمن الثدييات، يتشارك الإنسان مع الرئيسات الأخرى في سلف أكثر قربا. فقد ورثت الرئيسات من سلفها المشترك سمات أخرى، مثل العينين المتجهتين إلى الأمام. ويمكنك الولوج أكثر بالطريقة نفسها في اتجاه مجموعات أصغر فأصغر من المتعضيات. ولكن، في نهاية الأمر، تتوقف إمكانية الولوج في مجموعات أقل صغرا. فهناك متعضيات تشكل مجموعات لا يمكن فصلها إلى مجموعات أصغر. وهذه المجموعات هي، وفقا لمفهوم النوع المعتمد على أصول الأنساب، هي الأنواع. وعلى نحو ما، يأخذ هذا المفهوم للنوع نظام <لينيوس> الأساسي لمفهوم النوع ويقوم بتحديثه في ضوء مفهوم التطور.

تم احتضان مفهوم النوع المعتمد على أصول الأنساب من قبل الباحثين الذين يحتاجون إلى تعرُّف الأنواع أكثر من مجرد التأمل فيها. إن تمييز نوع ما، وفق هذا المفهوم، هو مسألة إيجاد مجموعة من المتعضيات تشترك في سمات محددة واضحة المعالم، ولم يعد يتعين على العلماء الاعتماد في ذلك على مواصفات غير واضحة المعالم كالانعزال التكاثري. فعلى سبيل المثال، أُعلن حديثا أن النمور الغائمة (المرقّطة) التي تقطن جزيرة بورنيو الإندونيسية(٢) نوع مستقل بذاته، متميز من النمور الغائمة الموجودة في جنوب آسيا(٣)(٤). بيد أن جميع النمور الغائمة تتشارك في سِمَات لا توجد عند السنانير الموجودة في قلب القارة، بما فيها الفروة القاتمة المميزة.

المؤلف

Carl Zimmer

يكتب باستمرار عن *التطور* لصحيفة النيويورك تايمز، وناشيونال جيوگرافيك ومطبوعات أخرى. ألف ستة كتب، أحدثها كتاب Microcosm: *E. coli* and *the New Science of Life*. حازت مدونته *The Loom* (www.scienceblogs.com/loom) جائزة ساينتفيك أمريكان في *العلوم والتقانة على الويب*. كتب <زيمر> حول *الآلية التي يمكن من خلالها للاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي أن يوفر بعض الوسائل التي تسمح للخلايا السرطانية بالنمو*. [انظر: «هل يعمل التطور لصالح السرطان؟»، **العلوم**، العدد 4 (2007)، *الصفحة 20*].

(*) Biology Is Destiny

(**) A Sexless Equation

(١) related organisms

(٢) نمور بورنيو الغائمة (*Neofelis diardi*) Borneo Clouded leopards

(٣) نمور جنوبي آسيا الغائمة (*Neofelis nebulosa*) Southern Asia Clouded leopards

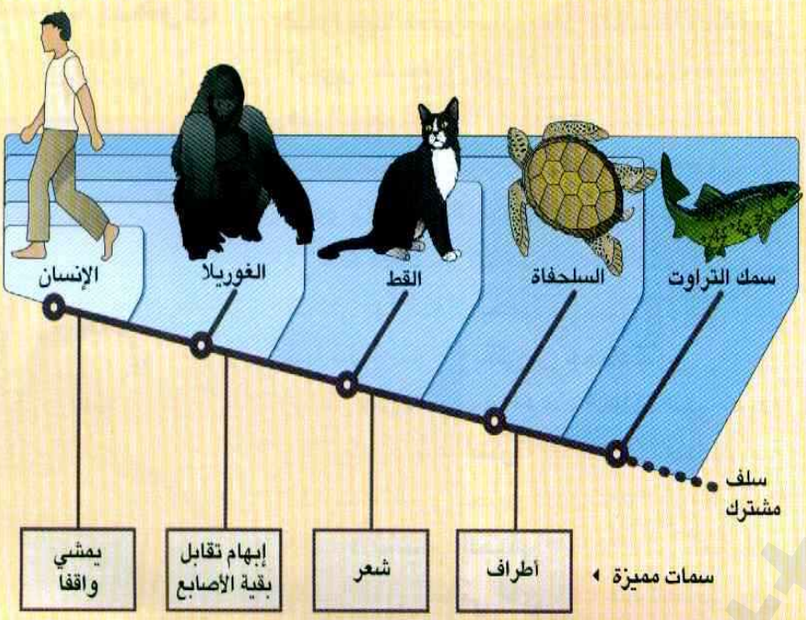
(٤) انظر: «*تطور السنانير*»، **العلوم**، العددان 2/1 (2008)، الصفحة 20.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

لينيوس محدّث(**)

ظهر مفهوم النوع باعتماد تاريخ النشوء والتطور من توجُّه جديد لتصنيف الحياة، يعرف باسم **علم تصنيف خطوط الأنساب** phylogenetic systematics. وبخلاف نظام لينيوس، يأخذ هذا العلم التاريخ التطوري في الحسبان متجاهلا موضوع إمكانية تزاوج عشيرتين فيما بينهما، فيصنف هذا النظام النوع المنفرد على أنه متعضية تتشارك مع أنواع أخرى في سلف يجمعها ولكنه انفصل عنها باكتسابه سمات مميزة أحدث. وتُظهر شجرة النشوء والتطور، التي تعرف أيضا باسم شجرة الحياة، كيف تتفرع الأنواع الجديدة من سلف مشترك بالتزامن مع اكتسابها سمات لم يمتلكها السلف الذي نشأت عنه. تُدْرِج الشجرة في الأسفل بعض السمات التي راكمتها حيوانات أرضية والأسماك مع تقدم تطورها.



ولكن ...

يؤكد بعض المنتقدين أن توجُّه النشوء التطوري للنوع يبالغ في التصنيف. فمثلا النمر الغائم (المرقط) الموجود في جزيرة بورنيو صُنِّف مؤخرا نوعا بسبب فروته القاتمة المميزة التي تغطيه، إضافة إلى سمات أخرى. ولكن البعض يجادل بأن هذه الصفات قد لا تكون في حد ذاتها كافية لجمع هذه الحيوانات في نوع منفصل عن النمور الغائمة الأخرى الموجودة في جنوب آسيا.

ويعتقد بعض منتقدي هذا المفهوم للنوع أنه يحدث في هذه الأيام ما يتجاوز المعقول من تقسيم الأنواع القائمة. وتقول <G. مايس> [من إمبيريال كوليدج في لندن]: «إن المشكلة في هذا الأمر هي أن هذا الأسلوب لا يقدم لك مستوى طبيعيا ينبغي التوقف عنده.» ويمكن لطفرة واحدة، نظريا على الأقل، أن تكون كافية لتُكْسِبَ مجموعة صغيرة من الحيوانات اسم نوع مستقل. وتعلق <مايس> قائلة «إنه لمن الحماقة أن نمضي في تفريع الأنواع إلى هذا الحد.» كذلك تجادل <مايس> بأنه يجب أيضا النظر إلى عشيرة ما من المتعضيات مميزة **إكولوجيًا** ecologically ـ من الناحية الجغرافية والمناخية، ومن ناحية علاقات المفترس والفريسة ـ قبل أن يقرر أحد ما أن يفصلها كنوع جديد.

ولكن يعتقد باحثون آخرون أنهم يجب أن يتوجهوا إلى حيث تقودهم البيانات بدلا من الانشغال بمسألة المبالغة في التقسيم إلى أنواع جديدة. ويقول <J. وينز> [عالم البيولوجيا من جامعة ستوني بروك]. «إن الأمر كما لو أن الذنب هو الذي يهز الكلب.» ويضيف «إن الجدل بأن هناك سقفا ما لعدد الأنواع التي يتعين وجودها لا يبدو علميا بما فيه الكفاية.»

ارتباك وفوضى حول الجوهر(*)

منذ سنوات خلت أقنع هذا الضرب الذي لا ينتهي من الجدل عالم البيولوجيا <K. دي كويروز> [من معهد سيمثسونيان] بأن الجدل الدائر حول الأنواع قد تجاوز الحدود، قائلا: «لقد بدأ هذا الجدل يخرج عن السيطرة، وأظن أن الكثير من الناس قد بدؤوا **يمجُّونه** getting sick.»

ثم تدخل <دي كويروز> معلنا أن الكثير من الجدل الدائر لم يتعامل مع جوهر المشكلة وإنما حول تشويش وتخليط محيطين بها، ولكنه يقول «إن التشويش الحاصل هو في الحقيقة بسيط.» وذلك لأن معظم مفاهيم النوع المتنافسة تتفق فعليا حول أشياء أساسية. فجميعها مثلا، مبني على أساس أن النوع هو خط أنساب متميز دائم التطور، فبالنسبة إلى <دي كويروز> هذا هو التعريف الأساسي للنوع. إن معظم الخلافات حول النوع لا تتعلق فعليا بمفهومه وإنما تتعلق بكيفية تمييز النوع. ويعتقد <دي كويروز> أن الطرق المختلفة لتمييز النوع يكون كل منها أفضل من غيره في حالات بعينها. إن انعزالا تكاثريا قويا هو دليل جيد على أن عشيرة من الطيور تمثل نوعا، مثلا؛ ولكنه ليس المقياس الوحيد الذي يمكن استخدامه. فمن أجل حيوانات الدوارات العلقية التي ليس لديها تكاثر جنسي، يتعين على العلماء أن يستخدموا معايير من طراز آخر.

يشارك العديد من الخبراء الآخرين (ولكن ليس جميعهم) <دي كويروز> في تفاؤله. فبدلا من محاولتهم استخدام قاعدة ذهبية واحدة يقومون باختبار الأنواع الجديدة اعتمادا على بضعة خطوط مختلفة من الأدلة. فعالم البيولوجيا <J. بوند> [من جامعة كارولينا الشرقية] وطالبته <A. ستوكمان>

(*) Confusion over Substance

(**) Linnaeus Updated

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

يمكن لنوعين متقاربين من البكتيرات أن يكون أحدهما أكثر اختلافا عن الآخر من اختلاف الإنسان عن جميع الرئيسات الأخرى.

تبنيا هذا التوجه في مسح جنس غامض من العناكب *Promyrmekiaphila*، موجود في كاليفورنيا. لقد جهد علماء التصنيف طويلا في محاولة معرفة عدد الأنواع الموجودة من هذا الجنس. والعناكب عصية على التصنيف السهل؛ لأنها تبدو متطابقة تقريبا في الشكل. ولكن العلماء كانوا يعرفون أيضا أن العناكب ربما تشكل عشائر معزولة جدا عن بعضها، وهذا يعود بشكل كبير إلى حقيقة أن كل عنكبوت لا يتحرك بعيدا جدا عن مسكنه.

ويقول <بوند>: «إنه بمجرد أن تحفر الأنثى لها جحرا جيدا مجهزا بباب مخفي (مصيدة) وبطانة من الحرير، يصبح من غير المحتمل أن تتحرك بعيدا عن هذا الجحر بعد ذلك.» وقد حفر <بوند> كاشفا عن جحور صنعتها عناكب *Promyrmekiaphila* ووجدها تحوي ثلاثة أجيال من إناث العنكبوت كانت تعيش في هذه الجحور منذ سنين. أما الذكور فهي لن يتسنى لها الذهاب بعيدا عن جحورها التي ولدت فيها قبل أن تتزاوج بأنثى من جحر مجاور.

من أجل تعريف أنواع هذه العناكب تبنى <بوند> و<ستوكمان> طرقا ابتكرها <تيمپلتون>، فقاما بدراسة التاريخ التطوري للجنس *Promyrmekiaphila*، حيث قاسا **الانسياب الجيني** gene flow بين العشائر، وحددا الدور البيئي الذي تؤديه هذه العناكب. ومن أجل دراسة التاريخ التطوري، قام <بوند> و<ستوكمان> بسلْسلة أجزاء من جينتين مختلفتين عند 222 عنكبوتا موجودة في 78 موقعا بكاليفورنيا، ثم قاما بمسح الدنا بحثا عن **واسِمات جينية** genetic markers أظهرت علاقة بعض العناكب ببعض. وقد تبين أن الشجرة التطورية لهذه العناكب مؤلفة من عدد من خطوط الأنساب المتميزة.

ثم بحث <بوند> و <ستوكمان> بعد ذلك عن صور متحورة من الجينات في عشائر مختلفة لهذا العنكبوت، وذلك بغية إيجاد دليل على الانسياب الجيني. وأخيرا قاما بتسجيل الظروف المناخية التي عاشت فيها كل مجموعة من هذه العناكب. وقد تمكّنا في النهاية من تعرف ستة أنواع من هذا الجنس حققت المعايير الثلاثة السابقة. وإذا ما تم قبول هذه النتائج، فإنه يتضاعف عدد الأنواع التابعة للجنس *Promyrmekiaphila*.

إن هذا النوع من التوجه يمكّن العلماء من دراسة المتعضيات التي بَدَت في مرحلة ما غير قابلة لتطبيق مفاهيم النوع عليها. فبسبب كون حيوانات الدوّارات العلقية تفتقد التكاثر الجنسي، فإنها لا تتفق جيدا مع مفهوم النوع البيولوجي. وقد استخدم <T. باراكلوه> وزملاؤه [من إمپيريال كوليدج في لندن] طرقا أخرى لتحديد فيما إذا كانت تلك الحيوانات تنتمي إلى مجموعات تشبه النوع. فقاموا بسلْسلة الدنا، وشكلوا شجرة تطورية لهذه المجموعة من الحيوانات، ضمت عددا قليلا فقط من الأفرع الطويلة، وكان يعلو كل فرع من هذه الفروع حزمة من الغُصَينات القصار؛ ثم قاموا بعد ذلك بفحص أجسام الحيوانات الدوّارة الموجودة في كل حزمة فوجدوها متشابهة. هذا يعني، بتعبير آخر، أن التنوع الموجود عند الحيوانات الدوّارة لم يكن مجرد تنوع غير واضح المعالم، وإنما تشكّل هذه الحيوانات جماعات متميزة، ناجمة على الأرجح عن خطوط نسب منفصلة تتلاءم مع **خانات بيئية** niches مختلفة. فإذا لم تكن هذه الحزم أنواعا **فهي قريبة جدا من كونها كذلك**[1].

موقع الميكروبات في ذلك التصنيف[**]

إن معظم الدراسات التي أُجريت على مفهوم النوع في السنوات الأخيرة انصبت على الحيوانات والنباتات. ويعود ذلك الانحياز إلى التاريخ؛ فالحيوانات والنباتات هي الأشياء الوحيدة التي

[توجه موحَّد]

أفضل جميع العوالم[*]

بسبب اللغط الحاصل، شرع بعض الباحثين في إيجاد تصنيفات باعتماد خطوط الأنساب عن طريق البحث فيما وراء التاريخ التطوري رابطين بينه وبين بيانات جزيئية وسلوكية وبيولوجية. وكمثال على ذلك، درس <د. بوند> بالتعاون مع أحد طلبته جنسا من العناكب *Promyrmekiaphila* (في *الأعلى*) يوجد في كاليفورنيا. فدرسوا التاريخ التطوري لهذا العنكبوت ودوره البيئي، كما قاموا بسلْسلة الجينات عند 222 فردا من هذه العناكب أخذت من 78 موقعا. وباستخدام المجموعة الكاملة من المعلومات التي تجمعت لديهم قاموا بوضع هذه الحيوانات ضمن ستة أنواع مختلفة.

(*) The Best of All Worlds

(**) Where Microbes Fit In

(١) تسمى في بعض الأحيان «أنواعا غير جاميتية» agamospecies، أو أنواعا لها والد واحد uniparental species. (التحرير)

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

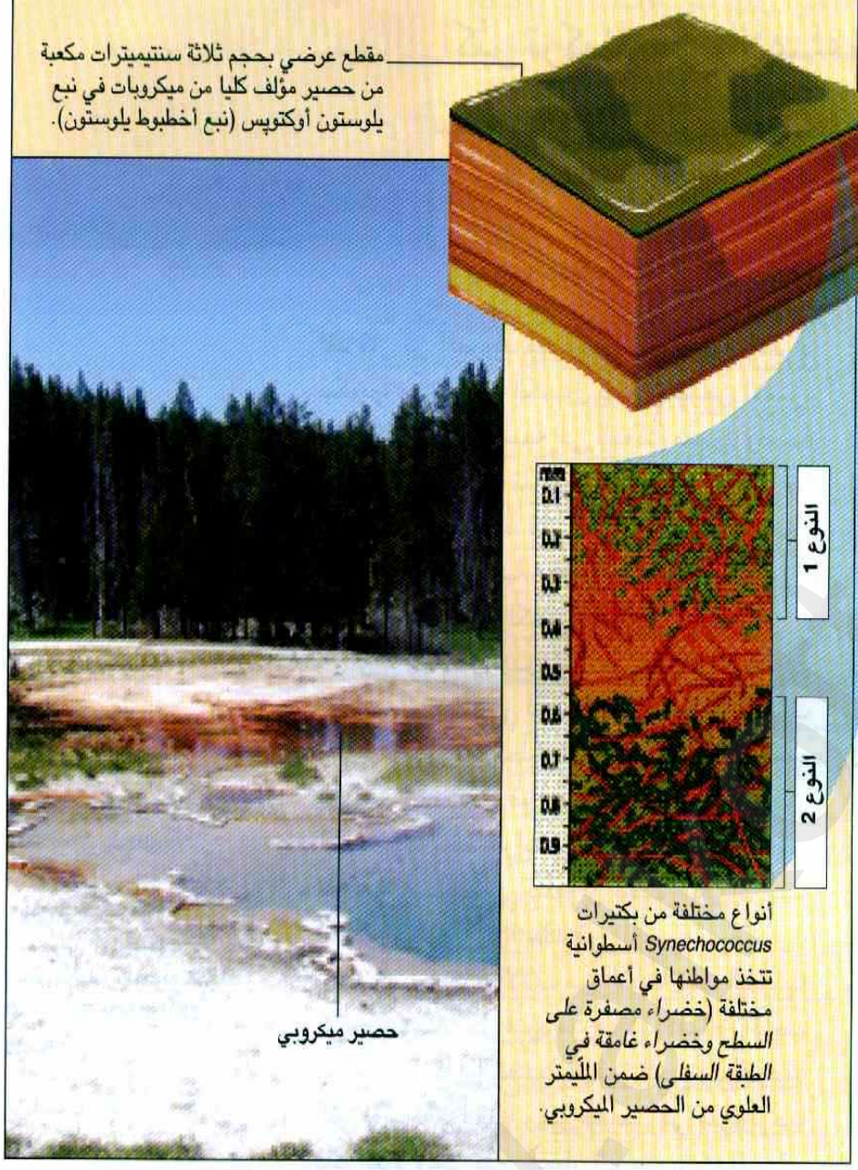
أمكن لـ<لينيوس> وعلماء التصنيف الأوائل دراستها. ولكن علماء اليوم يعرفون أن الغالبية من التنوع الجيني تقع ضمن عالم الميكروبات غير المرئي. وقد شكلت الميكروبات لفترة طويلة الأُحجية الأكبر عندما كان الأمر يتعلق بالنوع وتعريفه.

وعندما بدأ علماء المتعضيات الميكروية بتسمية الأنواع في القرن التاسع عشر، لم يكن متاحا لهم تفحص ريش أو أزهار مثلما كان ممكنا لعلماء الحيوان والنبات. وتبدو المتعضيات الميكروية - وخاصة **البكتيرات** bacteria **والآركايا**[1] archaea - بشكل عام متشابهة جدا. بعضها عصَوِي الشكل مثلا، وبعضها الآخر كريات صغيرة. ومن أجل تمييز نوعين عصَوِيّي الشكل من البكتيرات، كان علماء المتعضيات الميكروية يلجؤون إلى إجراء تجارب على أيضها. فقد يمتلك ضرب من الميكروبات القدرة على الاغتذاء بسكر اللاكتوز مثلا، في حين لا يمكن للآخر ذلك. ومن خلال دلالاتٍ من هذا القبيل، قام علماء المتعضيات الميكروية بوصف أنواع منها مثل الإشريكية القولونية *Escherichia coli* وڤيبريو الكوليرا *Vibrio cholerae*. ولكن عملهم لم يكن قائما على أساس مفهوم واضح لمعنى أن تنتمي الميكروبات إلى نوع محدد. وعندما خرج <مايز> بمفهوم النوع البيولوجي، بدا أن هذا المفهوم يستثني العديد من الميكروبات. وعلى أية حال، لا تتألف البكتيرات من ذكور وإناث عليها أن تتزاوج فيما بينها كما في الحيوانات. وإنما بإمكان البكتيرات أن تتكاثر عن طريق انقسام كل منها إلى اثنتين.

وقد غدا الغموض أكبر عندما بدأ العلماء بتحليل دنا الميكروبات، فقد حاولوا أن يتعرفوا مدى اختلاف الدنا عند نوعين من الميكروبات، وقد اختاروا شُدَفا صغيرة من الدنا للمقارنة. ولشدة دهشتهم وجدوا أن الاختلاف يمكن أن يكون كبيرا. فقد وجدوا أن نوعين من البكتيرات ينتميان، وفقا لعمليات الأيض لدى كل منهما، إلى جنس واحد يمكن أن يكونا أكثر اختلافا فيما بينهما من درجة اختلاف البشر عن جميع الرئيسات الأخرى. كذلك يمكن للبكتيرات داخل النوع الواحد أن تختار طرقا للعيش يختلف بعضها عن بعض جذريا. فمثلا، تعيش بعض سلالات بكتيرة الإشريكية القولونية داخل أمعائنا دون أن تسبب لنا أذىً، في حين يمكن لسلالات أخرى من النوع نفسه أن تسبب مرضا فتّاكا. يقول <ل. آيزن> [من جامعة كاليفورنيا في دايڤيز]: «إن التنوع الجيني داخل نوع واحد هو من الضخامة لدرجة أن معنى مصطلح «النوع» عند الأركايا والبكتيرات يختلف، حقيقةً، عنه لدى النباتات والحيوانات المتعددة الخلايا.»

هل تنتمي الميكروبات إلى أنواع مختلفة؟(*)

عانى علماء الحياة على الدوام من صعوبات في تصنيف الميكروبات ضمن أنواع، إذ إن البكتيرات لا تمارس تكاثرا جنسيا على النحو الذي نتصوره عادة. إنها فقط تنقسم إلى فردين - كما أن الفروق الجينية بين البكتيرات التي تنتمي ظاهريا إلى النوع نفسه على أساس التشابه في الصفات الخارجية والسلوك يمكن أن تكون كبيرة. ويؤكد بعض الباحثين أنه بالإمكان تصنيف البكتيرات إلى أنواع منفصلة عن طريق الجينات والخانات البيئية التي تحتلها. ففي نبع حار يقع في **مُتنزَّه يلوستون الوطني** Yellowstone National Park (*الصورة*) تعيش أنواع مختلفة من البكتيرات الخضراء المزرقة *Synechococcus* في أعماق مختلفة أو في مناطق ذات درجات حرارة متنوعة (خانات).



أنواع مختلفة من بكتيرات *Synechococcus* أسطوانية تتخذ مواطنها في أعماق مختلفة (*خضراء مصفرة على السطح وخضراء غامقة في الطبقة السفلى*) ضمن المليمتر العلوي من الحصير الميكروبي.

إن الميكروبات ليست استثناءً بسيطا للقاعدة بحيث يمكن تجاهله. فقد اكتشف العلماء، وهم ماضون في مسحهم لعالم الميكروبات، أن التنوع عند جميع الحيوانات ضئيل جدا مقارنة بالتنوع عند الميكروبات. ويقول <ل. ويلكنز> [فيلسوف العلوم من جامعة كوينزلاند في أستراليا] «لطالما أحسست بأن هناك شيئا غريبا وغير منطقي. فلو كان <مايز> محقا، فإن 90% من المتعضيات المكونة لشجرة

(*) Do Microbes Belong to Different Speicies?

(١) بناء على دراسات للرنا RNA في البكتيرات، تُفرق بعض التصانيف الحديثة بين مجموعة البكتيرات القديمة (الآركايا) والبكتيرات الحقيقية Eubacteria. (التحرير)

التتمة في الصفحة 35

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

البحث عن الروابط بين إدمان الكحول وجيناتنا(*)

إن معرفة التأثيرات الجينية في الاستعداد لإدمان الكحول قد تقودنا إلى معالجات أكثر تركيزا على الأهداف، كما قد تساعد المرء على اتخاذ قرارات مستندة إلى معارف أفضل حول حياته الخاصة.

<د. ا. نورنبرگر، جونيور> ـ <د. ا. بيرت>

لقد كان من المعروف منذ وقت طويل أن ميل الأفراد ليكونوا من مدمني الكحول يسري ضمن الأسر، وقد يكون ذلك بالنسبة إلى البعض مجرد وصمة اجتماعية إضافية تلحق بهذه الحالة المعقدة. أما بالنسبة إلى العلماء، فإن ما يبدو **قابلية وراثية**(١) يشير إلى أن ثمة **مكونة جينية**(٢) تقف وراء الاستعداد لإدمان الكحول وتنتقل من جيل لآخر.

ومع التقدم السريع الذي أحرز في السنوات العشر الماضية في الوسائل التقانية لاكتشاف وظائف الجينات وتحليلها، أصبح الباحثون اليوم أكثر قدرة من ذي قبل على الوصول إلى الجذور البيولوجية للاضطرابات المعقدة مثل إدمان بعض المواد والإسراف في ذلك. إن المقدرة على دراسة أنماط **الوراثة** inheritance في المجموعات الكبيرة، وعلى مسح مئات الآلاف من الاختلافات الضئيلة في جينومات كل فرد من هؤلاء الأفراد، أتاحت للباحثين إمكان التحديد الدقيق للجينات النوعية التي تؤثر تأثيرا قويا وغير صاخب في فيزيولوجيا ذلك الفرد وعلى مدى الخطر الذي يحيق به أو بها.

وينطبق على إدمان الكحول ما ينطبق على الكثير من الاضطرابات التي تعتري البشر من حيث إنها لا تنجم عن سبب واحد بعينه وإن مصدرها ليس **جينيا** genetic فقط. ومع ذلك، يمكن للجينات أن تؤدي دورا مهما في عمليات تتم في الجسم وفي الدماغ وتتفاعل فيما بينها ومع ما يكتسبه الفرد من خبرات في حياته لتؤدي إلى وقايته من إصابة أو لزيادة استعداده لها. ويكمن التحدي في إجراء اختبارات على كل تأثير من هذه التأثيرات بمعزل عن غيره، فإلى يومنا هذا لم يتجاوز عدد الجينات التي تؤثر في خطر إدمان الكحول لدى الفرد عشر جينات، مع أن من المؤكد وجود أعداد أكبر من ذلك بكثير.

إن **ضروب** variants كل جينة من الجينات المعروفة لا تؤثر سوى تأثير ضئيل في استعداد الفرد لإدمان الكحول، إلا أن الكثير من هذه ـ الجينات واسع ـ الانتشار بين عامة الناس، وقد تؤثر، على نطاق أوسع، في عادات تعاطي المشروبات الكحولية، وفي السلوكيات الأخرى للإدمان أو تلك التي تولّد مشكلات معينة، وكذلك في اضطرابات أخرى مثل الاكتئاب والقلق. ومن هنا فإن اكتشاف وفهم تأثيرات الجينات التي تسهم في استجابتنا للكحول قد يوضح لنا أيضا نطاقا أوسع من الحالات. هذا وإن الكشف عن العمليات التي يمكن أن تبني أو ترسّخ إدمان الكحول سيساعد من دون شك على توجيه أفضل للمعالجات التي تتوافر في الوقت الراهن وفي ابتكار معالجات جديدة للإفلات من قبضة إدمان الكحول.

أدلة في اختلافات بشرية(***)

تؤثر الجينات تأثيرا قويا في فيزيولوجيا الفرد بما تظهره من أنماط مختلفة من البروتينات يزيد عددها على 100 000 نمط، ولكل منها دور مباشر في الأداء اليومي لوظائف كل من الجسم والدماغ أو في تنظيم فعالية الجينات الأخرى. وقد اتضح وبجلاء الارتباط القوي بين الاختلافات في الفيزيولوجيا الأساسية من جهة واستعداد الفرد للتعرض لمشكلات إدمان الكحول من جهة أخرى وذلك منذ أول جينة تم تعرفها كباعث لخطر الانزلاق نحو إدمان الكحول.

وقبل عقدٍ من السنين، بدأ الباحثون بدراسة ما

(*) SEEKING THE CONNECTIONS: ALCOHOLISM AND OUR GENES
(**) Overview/ Seeking Alcoholism Genes
(***) Clues in Human Variations
(١) heritability
(٢) genetic component

نظرة إجمالية/ البحث عن جينات إدمان الكحول(**)

- إن إدمان الكحول اضطراب معقد ومثير للجدل، إلا أن الاستعداد للإصابة به تُظهِر نماذج واضحة من الوراثة، مما يشير إلى أن الجينات تنقل بعض الأسس البيولوجية لقَدْر أكبر من الاستعداد لذلك الإدمان.
- إن الخَلات (السجايا) traits الفيزيولوجية، مثل أنماط الفعالية الدماغية لدى مدمني الكحول ولدى أطفالهم، تساعد العلماء على تعرف المواضع الدقيقة لضروب variants الجينات التي تؤثر في استجابات الشخص للكحول.
- يقدم تعرف الجينات التي تؤثر في إدمان الكحول وفي الاضطرابات المتعلقة بها رؤية متعمقة في كيفية تطور الحالات، وتفتح الطريق للوصول إلى معالجات أفضل، وتتيح للأفراد المعرَّضين لاحتمال عالٍ للخطر أن يتخذوا خيارات مستنيرة بالمعرفة حول صحتهم وسلوكهم.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

يلاحظ على نطاق واسع من ميل لدى الأشخاص المنحدرين من أصول صينية أو يابانية أو شرق آسيوية أخرى إلى الإصابة «**بالتورُّد**» flushed الناجم عن تدفق الدم عندما يحتسون مشروبات كحولية، وقد أظهرت الاختبارات الدموية لهؤلاء الأشخاص ازدياد مستوى مادة **أستيل ألدهيد** acetaldehyde لديهم، وهذه المادة هي أحد المركَّبات التي تنجم عن تفكُّك الكحول وتؤدي إلى إحساس مزعج بحرارة الجلد والخفقان والضعف. وفي الثمانينات من القرن الماضي اقتفى الباحثون هذا التفاعل ليصلوا إلى أحد الإنزيمات التي تسهم في استقلاب الكحول وهو **نازعة هدروجين الألدهيد** aldehyde dehydrogenase، ثم في نهاية الأمر إلى الجينة التي تكوده وهي الجينة ALDH1. ومع أن الإنزيم يفكِّك الأستيل ألدهيد، فإن بعض الاختلافات البسيطة في تكويد الدنا DNA لدى هؤلاء الأشخاص تجعل الإنزيم يعمل على نحو أبطأ. وعندما يتناول هؤلاء الأشخاص الكحول يتراكم الأستيل ألدهيد في أجسامهم ، وقد تكون الجرعات الكبيرة من هذا الأستيل ألدهيد سامةً.

ومنذ اكتشاف شيوع هذا الضرب من الجينة ALDH1 بين الآسيويين، شوهد لدى 44 في المئة من اليابانيين، و53 في المئة من الڤيتناميين، و27 في المئة من الكوريين، و30 في المئة من الصينيين (ويتضمن ذلك 45 في المئة من الصينيين من مقاطعة هان)، إلا أنه نادر لدى السكان المنحدرين من أصول أوروبية. وكما قد يُتَوَقَّع، سيقل خطر إدمان الكحول لدى من لديه ضرب من الجينات التي تسبب بطء الاستقلاب بمقدار ستة أضعاف، مما يجعل الأمر مثالا على التفاوت في الجينات الذي يمكن أن يقي من الإصابة بالاضطراب.

وقد درس الباحثون أيضا الإنزيمات الأخرى التي تفكِّك الكحول وذلك لتعرُّف مدى إسهاماتها الجينية في إدمان الكحول. فعلى سبيل المثال، إن الإنزيم المسؤول عن الخطوة الأولى في سياق تحويل الكحول إلى أستيل ألدهيد، وهو نازعة الهدروجين من ألدهيد الكحول ADH، تنتجه أُسْرَةٌ من الجينات، يؤثِّر كل منها في خواص مختلفة عن غيرها في ذلك الإنزيم. وأهم الجينات في استقلاب الكحول هما مجموعتا ADH1 و ADH4. والدراسات التي أجريناها مؤخرا على سكان الولايات المتحدة الأمريكية المنحدرين من أصول أوروبية كشفت عن بيِّنات قوية على أن ضروبا في الجينات ADH4 بشكل خاص تعزز خطر إدمان الكحول لدى هؤلاء السكان، مع أن علينا المزيد من العمل لاكتشاف كيف تؤثر هذه الضروب في استقلاب الكحول.

إن إدمان الكحول يتسم بالتعقيد من الناحية الجينية، فهناك العديد من الجينات التي يغلب أن تسهم فيه، ولابد من دراسة التفاعلات بين بعضها وفيما بينها وبين البيئة قبل تجميع الصورة الكاملة للعملية التي تقود إلى إدمان الكحول. ثم إن الناس أنفسهم يتسمون بالتعقيد وتظهر لديهم مشكلات واسعة الطيف مع الكحول، ولاسيما في المراحل المبكرة من المرض، وذلك مع أن الحالات تصبح متشابهة فيما بينها من الناحية السريرية في المراحل المتأخرة للداء. ومن هنا كان على الباحثين، إذا أرادوا دراسة الجوانب البيولوجية لإدمان الكحول، أن يضعوا تعريفا دقيقا للمشكلة، فعليهم، على سبيل المثال، أن يفرقوا بين إدمان الكحول والإسراف في تعاطيه، والأخير متلازمة أقل وخامة وشدة من الوجهة الطبية.

إن المعيار الذي يُستخدَم على نطاق واسع في الطب النفسي لتشخيص الإدمان، سواء إدمان الكحول أو أية مادة أخرى، يتطلب أن يعاني المرء ثلاثة على الأقل من الأعراض التالية خلال الأشهر الاثني عشر التي تسبق التشخيص: تحمُّل جرعات كبيرة، **تفاعلات الانسحاب**[1]، فقدان السيطرة على استعمال المادة، بذل الجهود للتوقف أو الإقلال من تعاطيها، مرور وقت طويل جدا في ممارسة أنشطة التعاطي للمادة، الانصراف عن الأنشطة الأخرى، الاستمرار في تعاطي المادة على الرغم مما تؤدي إليه من مشكلات مادية أو نفسية. ويغلب أن يكون لدى أُسَر مَنْ تتحقق لديه هذه المعايير عدة أشخاص من مدمني الكحول. وبموافقة هؤلاء الأشخاص بالإسهام بدأنا مع غيرنا من الباحثين بربط الأعراض لدى كل واحد منهم بمصادرها الفيزيولوجية، وفي نهاية الأمر بالجينات المسؤولة عنها.

وفي الحقيقة، تتمثل إحدى الاستراتيجيات المهمة للبحث عن الجينات التي تؤثر في خطر إصابة الفرد بإدمان الكحول بدراسة **الأنماط المظهرية الباطنة** endophenotypes والتي هي **خَلات**[2] جسدية ـ **أنماط مظهرية** phenotypes ـ لايمكن مشاهدتها من الخارج ولكن يمكن قياسها، ومن ثم يمكن دراستها لمعرفة فيما إذا كان بعض الأنماط أكثر شيوعا بين المصابين باضطرابات معقدة ويمكن ربطها بخطر الإصابة بتلك الحالة. وقد تأسست هذه الفكرة على افتراض أن الأنماط المظهرية الباطنة يمكنها أن تكشف الأسس

(١) withdrawal reactions

(٢) traits سجايا.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

يغلب أن يكون لدى أُسَر من تتحقق لديه معايير الاستعداد لإدمان الكحول حالات متعددة من هذا الإدمان.

البيولوجية لاضطراب ما بشكل أفضل مما تكشفه الأعراض السلوكية، وذلك لأن هذه الأنماط تمثل خلّة (سجيّة) جسدية أساسية أكثر ارتباطا بمنشئها في أحد ضروب الجينة. ومع أن هذا الأسلوب لدراسة السلوكيات المعقدة قد اقترحه للمرة الأولى في السبعينات من القرن الماضي باحثون في الطب النفسي كانوا يدرسون الفُصام، فقد ثبت في الوقت الحاضر أنه قد يكون أكثر قيمة عند استخدامه مع الأدوات الحديثة لتقييم العمليات البيولوجية ولتحليل البيانات الجينية.

إن أنماط الفعالية الكهربية للدماغ هي على سبيل المثال شكل من أشكال الأنماط المظهرية الباطنة. ويمكن للباحثين باستخدام تخطيط كهربية الدماغ EEG الذي يكشف مثل هذه الفعاليات عبر المساري الكهربية التي توضع على فروة الرأس، أن يسجلوا أنماط **الانقداح** firing في العصبونات. ويمكن للخوارزميات الحاسوبية المعقدة أن تحلل البيانات وتكشف المناطق الدماغية التي يحتمل أن تكون **الإشارات** signals قد نشأت فيها، وهذا يوفر أدلة إضافية على النمط الذي يحدث في العملية المعرفية. وإن مجمل أشكال الموجات و**الأشواك** spikes في فعالية عصبونية استجابة لمنبهات نوعية تُرى في مثل هذه القراءات لتخطيط كهربية الدماغ EEG، هو مميز في مختلف الأفراد ويمكن أن يستخدم باعتباره نوعا من البصمة العصبية. ويمكن لهذه الأشكال أن تعكس التوازن العام بين عمليات الاستثارة ضمن الدماغ، وهي العملية التي تجعل بعض العصبونات أكثر استجابة من غيرها من العصبونات لتوليد الإشارات، وبين عمليات التثبيط التي تجعل العصبونات أقل استجابة.

ومثل هذه الأنماط لتخطيط كهربية الدماغ **قابلة للتوريث**[1] إلى درجة كبيرة، وهي تختلف بطرق بالغة التميز بين ما هي عليه لدى مدمني الكحول وغير المدمنين، وذلك من حيث غلبة الاستثارة وسيطرتها على التثبيط في أدمغة مدمني الكحول. ويمكن ملاحظة هذا الانعدام أو الاختلال في التوازن لدى أطفال مدمني الكحول وهي تنبئ بقوة بإصابتهم بالشرب بشراهة وبإدمان الكحول، مما يشير إلى أن هذه الأنماط الكهربية هي واسمات للاستعداد الموروث بيولوجيا للإصابة بإدمان الكحول. وما هو أكثر من ذلك أن **أنماط التوقيع** signature patterns قد تشير إلى الاستعداد الموروث نفسه: فمن المعتَقَد أن التثبيط ينجم عن فقدانٍ معمَّم لعصبونات تؤدي الوظيفة التثبيطية في المناطق الدماغية المسؤولة عن المحاكمة واتخاذ القرار، وقد يصبح مَنْ يفقد هذه الدارات التثبيطية أكثر استعدادا للعمل وفقا **لتدفُّعاتٍ** impulses تنشأ عن مناطق دماغية تقع في مواضع أكثر انخفاضا، مثل **اللوزة الدماغية** amygdala.

وفي الثمانينات من القرن الماضي أظهرت البيِّنات في مختبرات عديدة أن بإمكان الفعالية الكهربية في الدماغ أن تكشف عن مدى خطر إدمان الكحول الذي يتهدد الفرد، مما أدى إلى تفعيل فكرة أن البحث المكثَّف عن الجينات التي تعزِّز الأنماط المظهرية المصاحبة لإدمان الكحول كان مُجْديا ويستحق بذل الجهد. وفي عام 1989 شاركنا نحن الاثنان في الدراسة التي بدأت بدعمٍ من المعهد الوطني للإسراف ولإدمان الكحول، وهي الدراسة التعاونية حول الأسس الوراثية لإدمان الكحول COGA. وتشمل الدراسة في الوقت الراهن ثمانية مراكز للأبحاث عبر الولايات المتحدة الأمريكية، وفي هذه الدراسة وافق الآلاف من مدمني الكحول وأفراد أسرهم على تقديم المساعدة في التحقيقات الجارية.

روابط أُسَرية[*]

وفي الدراسة التعاونية حول الأسس الوراثية لإدمان الكحول COGA بذل الباحثون جهودا في مواقع موزعة في جميع أرجاء البلاد لتعرف الأُسَر التي تعاني معاناة شديدة من إدمان الكحول. وقد أوضحت دراسات سابقة للتوائم وللتبنِّي وللأُسَر أن لمشكلات إدمان الكحول قابلية قوية للانتقال بالوراثة، وفي الحقيقة فإن أكثر من 50 في المئة من مجمل خطر إدمان الكحول يُعْزَى إلى عوامل موروثة، وهو ما يجعل مجموعات الأُسَر مصدرا قويا لاقتفاء بعض الخَلات ولربطها بالجينات ذات الصلة [*انظر ما هو مؤطر في الصفحة المقابلة*].

وقد أجرى الباحثون مقابلات واسعة النطاق شملت 1200 فرد كانوا يلتمسون معالجة إدمان الكحول، كما شملت أُسر بعض هؤلاء، وقد تجاوز مجمل عدد الذين شملتهم تلك المقابلات 11 000 فرد. وقد وجدنا أن من بين هؤلاء كان 262 أسرة تضررت تضررا بالغا، وذلك يعني أن اثنين أو أكثر من أفرادها الذين هم أقرباء من الدرجة الأولى للمريض، مثل الآباء والأشقاء، قد شُخِّصوا أيضا كمدمني كحول. وقد أُجري تقييم للأنماط المظهرية الباطنة للكهربية الفيزيولوجية للدماغ لدى أفراد هذه الأُسَر من مدمني الكحول ومن غير المدمنين، ثم أجريت معهم المزيد من المقابلات لتقييم الخصائص الإضافية التي تصاحب خطر إدمان الكحول والتي يُعْتَقَد أنها تتأثر جينيا. وتشتمل هذه الخَلات على **الاستجابة المنخفضة**[2]، أي إن على الفرد أن يستهلك كمية أكبر من الكمية الوسطية من الكحول

(*) Family Ties
(١) heritable
(٢) low response

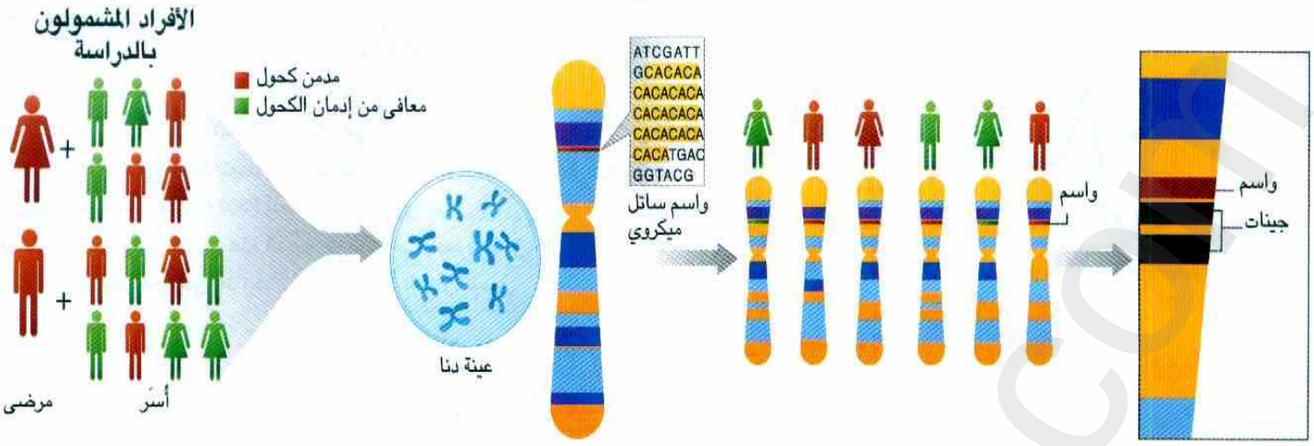
www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

اكتشاف الروابط التي تسري في الأُسَر(*)

إن تعرف الجينات التي تؤثر في اضطراب ما يضاهي في تعقيده إدمان الكحول يتضمن في البدء الربط بين الخَلات (السِّجايا) الخاصة بالحالة وبين مناطق معينة على الصبغيات (الكروموسومات). ويعد هذا «التحليل للروابط» هو الأسهل بين المجموعات المتشابهة من الناحية الجينية، مثل الأسَر التي يصاب عدد من أفرادها بدرجات متفاوتة من الاضطراب.

وبعض ملامح الصبغيات، التي تعرف بالواسمات markers والتي تظهر بتواتر أكبر لدى أقرباء المصابين، يمكن أن تشير إلى احتمال تمدد (تفشي) الدنا بكثرة. ويمكن للدراسة التفصيلية لهذه المناطق أن تكشف النقاب عن الجينات التي تؤثر وظائفها في الاستجابات للكحول.



صلة جينية

يكشف التحديد الدقيق لمنطقة الدنا بالقرب من واسم عن وجود جينات مميزة يمكن بالبحث تعرف دورها في الاضطراب.

تحليل الروابط

كثيرا ما تُصادف الواسمات لدى من يحمل خَلَّة (سجية) نوعية للاضطراب، والأقل من ذلك أن تُصادف هذه الواسمات لدى قريب معافى، مشيرة بذلك إلى منطقة الصبغي التي ترتبط بتلك الخَلَّة.

دراسة مسحية للصبغيات

يدرس الباحثون صبغيات جميع الأفراد المشمولين بالدراسة بحثا عن أنماط متكررة من الدنا تعرف **بواسمات السواتل الميكروية**(1). فلدى أحد الأشخاص قد يتكرر التبادل التسلسلي للأساسَيْن السيتوزين والأدينين 17 مرة على سبيل المثال، فيما يتكرر ذلك التسلسل على الموضع نفسه لدى أحد الأقرباء 12 مرة فقط.

المُدرجون في الدراسة

أجريت مقابلات مع مدمني الكحول ممن يلتمسون المعالجة ومع أقربائهم الذين يرغبون في تشخيصهم وفقا لمعايير الطب النفسي لإدمان الكحول. ويقدم جميع من شملتهم الدراسة عينات من الدنا.

قبل أن يشعر بتأثيراته؛ والمعاناة السابقة من اكتئاب شديد؛ وبعض أنماط التاريخ السابق لشرب الكحول، مثل ارتفاع العدد الأقصى لمرات شرب الكحول واستهلاكه في مدة 24 ساعة.

وقد قدم المشاركون عينات من الدنا DNA أيضا، مما سمح للعلماء في الدراسة التعاونية حول الأسس الوراثية لإدمان الكحول COGA بدراسة **صبغيات** chromosomes كل فرد منهم وتدوين الملامح الجزيئية المميزة، التي يمكن أن تستخدم **كواسمات** markers للمناطق التي يحتمل أن يكون لها أهمية كبيرة في الصبغيات. كما أن الواسمات التي تظهر بتكرار أكثر من غيرها لدى أفراد الأسر الذين تظهر لديهم الأنماط المظهرية المصاحبة لإدمان الكحول، ستشير إلى ترابط سببي بين تلك المنطقة من الصبغي وبين الخَلَّة المدروسة. وبهذا الأسلوب تعرف الباحثون روابط مهمة على الصبغيات 1 و2 و4 و7. وبعد مضي عدة سنوات في رسم الخرائط الجينية، تم **تعيين دقيق** pinpoint لعدد من الجينات النوعية في تلك المناطق، منها ADH4 و GABRA2 على الصبغي 4 والجينة CHRM2 على الصبغي 7. كما أن مجموعات أخرى من الباحثين الذين درسوا مجموعات سكانية منفصلة أكدت وجود **ترابطات** associations بين خطر الإصابة بإدمان الكحول وبين هذه المناطق على الصبغيات وهذه الجينات، مما يؤكد دورها المحتمل في هذا الاضطراب.

ومن الأمثلة على ذلك تزايد عدد الأبحاث المتوافرة والتي بينت أن بعض ضروب الجينات التي **تكود**(2) مواضع **رسو**(3) البروتين كابا GABA (**كاما أمينو حمض البيوتيريك** gamma aminobutyric acid) على سطح الخلية، والتي تنقل الإشارات بين بعض الخلايا العصبية، تزيد من قابلية الإصابة بإدمان الكحول. ويعد البروتين GABA الأكثر شيوعا بين النواقل العصبية في الجهاز العصبي لدى الثدييات. وهو **يُعدِّل**(4) فعالية العصبونات بالارتباط بمستقبلات نوعية له على الغشاء الخلوي للعصبونات، مثبطا بذلك استجابتها لإطلاق الإشارات. وأحد أصناف هذه المستقبلات يعرف بالمستقبل $GABA_A$ ويتألف من وحدات بروتينية جزئية تصطف حول قناة تُدخل أيونات الكلوريد إلى داخل الخلية. وقد وجد الباحثون أن **تفاوتات** variations في الجينة GABRA2، التي تكود إحدى الوحدات الجزئية للمستقبل $GABA_A$ تؤثر تأثيرا قويا في النمط

(*) FINDING LINKS THROUGH FAMILIES
(1) microsatellite marker
(2) encode
(3) docking
(4) modulate

www.alkottob.com

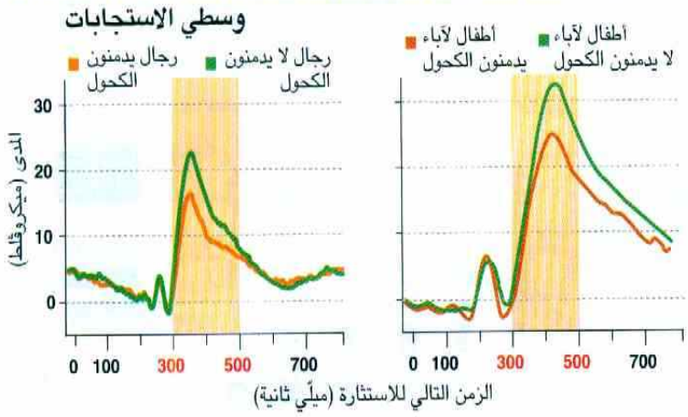
www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

بصمات في الدماغ(*)

تخدم أنماط معينة من الفعالية الكهربية للدماغ خلال (سجايا) تعرف بالأنماط المظهرية الباطنة endophenotype وهي تكشف النقاب عن خصائص فيزيولوجية مميزة لمدمني الكحول ولغيرهم من المعرضين لخطر مرتفع للإصابة بالإدمان. وقد استخدم الباحثون هذه الاختلافات في بصمات الوظائف الدماغية لكشف الجينات المرتبطة بإدمان الكحول وما يتعلق بها من حالات.

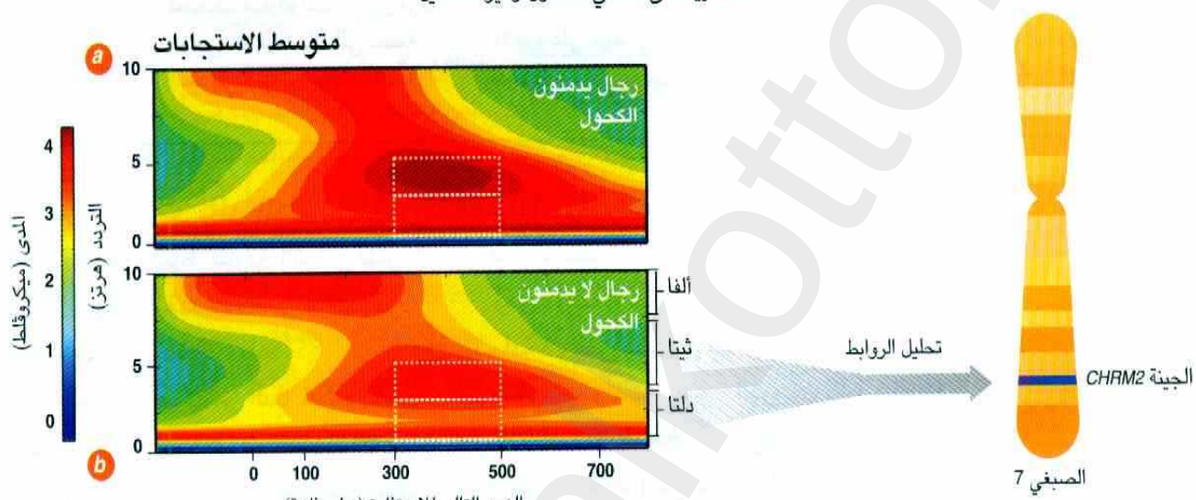
الاستجابة P300

إن قياس كهربية فعالية الدماغ عبر إلكترودات تُثبت على فروة الرأس يكشف نبضة عابرة في سعة الإشارة تحدث بعد مدة تراوح بين 300 و 500 ميلي ثانية تلو الاستثارة، وهي تشبه الوميض الضوئي. وهذه الاستجابة المميزة للاستثارة والتي تعرف بالاستجابة P300، هي أضعف إلى حد كبير لدى مدمني الكحول، حتى عندما يتوقفون عن شربه، مما هي عليه عند غيرهم. وتعد الاستجابة الصامتة P300 أيضا نموذجية لدى أطفال لآباء يدمنون الكحول، مما يشير إلى أن هذه الفروق الوظيفية في الدماغ تسبق بدء شرب الكحول بشراهة، وهو يعد بحد ذاته من عوامل الخطر للتحول إلى إدمان الكحول.



الارتباط بجينة

لقد أمكن اقتفاء ضعف قوة الإشارة المنخفضة التواتر دلتا وثيتا لدى مدمني الكحول وصولا إلى ضروب من الجينة CHRM2 وهي الجينة التي تكود مستقبلا خلويا للناقل العصبي الأستيل كولين، الذي ينظم قابلية الاستثارة العصبية.



تشريح الاستجابة

تتضمن الاستجابة P300 إطلاق إشارات عصبية بتواترات منخفضة دلتا وثيتا، وهي تترافق مع الوعي واتخاذ القرار. ورسم خرائط لقراءات تواتر كهربية الدماغ EEG لدى الأشخاص من غير مدمني الكحول **a** ولدى مدمني الكحول **b** يُظهر أن قوة الإشارة أضعف في تلك **النطاقات** bands لدى مدمني الكحول بعد انقضاء مدة 300 ميلي ثانية. وترتبط هذه الخَلَّة (السجية) بالدراسات الأسرية على مدمني الكحول وغير المدمنين.

المظهري الباطني لمخطط كهربية الدماغ (EEG) والمعروف **بتواتر بيتا**[1]، الذي يبدو أن له دورا في **توسّط**[2] تثبيط عصبوني.

إن العصبونات التي تحمل مستقبلات GABA تتوافر بشكل خاص في **القشرة الجبهية** cortex للدماغ، وهي المنطقة التي قد يؤدي الفقدان المتعمم للتثبيط فيها إلى الاختلاجات (التشنجات)، ومن الشائع أن تُعالَج هذه الاضطرابات بأدوية تعزِّز من فعالية البروتين GABA وتعزِّز بذلك التثبيط. ومن هنا كان يعتقد أن فقدا أقل للتثبيط المُحَرَّض بالبروتين GABA قد يسهم في نقص السيطرة أو الاندفاعية السلوكية، والذي يعد أحد الملامح في عدد من الاضطرابات النفسية، والتي تشتمل على الاضطراب الانفعالي الثنائي القطب والإسراف في تعاطي المواد والمشكلات المزمنة في السلوك. وقد أظهرت الدراسات التي قام بها ائتلاف المشاركين في الدراسة التعاونية حول الأسس الوراثية لإدمان الكحول COGA أن ضروب الجينة GABRA2 مرتبطة بإدمان الكحول. ومنذ ذلك الوقت، أكدت أربع مجموعات على الأقل هذا الاكتشاف. ومما يبعث الاهتمام أن هذه التفاوتات في الجينة لا تغير من تركيب المستقبل $GABA_A$، بل يبدو أنها عوضا عن ذلك تعدل إنتاج الوحدات الجزئية من البروتينات، وربما يؤدي ذلك إلى إنقاص العدد الإجمالي للمستقبلات العاملة.

ويتواصل العمل في الدراسات للتعرف بدقة

(*) SIGNATURES IN THE BRAIN
(١) beta frequency
(٢) mediate

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

كيفية تأثير هذا الضرب من الجينات المستقبلة للپروتين GABA في اختلال التثبيط في الدماغ. فالترابط بين فعالية البروتين GABA وإدمان الكحول يبدو بكل تأكيد منطقيا، لأن الاندفاعية أحد الملامح التي تُصادَف في العديد من حالات إدمان الكحول. وترتبط هذه الخلّة ارتباطا خاصا بالشكل الذي يبدأ مبكرا من بين أشكال إدمان الكحول، والذي يشاهد بشكل رئيسي لدى الذكور. ويبدي المصابون بهذا النوع من الإدمان استعدادا للإصابة باضطرابات **استظهارية** externalizing تشتمل على السلوك المثير للمشكلات، وتقابلها اضطرابات **استبطانية** internalizing مثل القلق والاكتئاب. ومن هنا يمكن أن يكون لفهم احتمال أن يسهم البروتين GABA في **مرتسم** profile الإدمان، في المساعدة على توجيه الأساليب العلاجية، حتى من دون إجراء تحريات للجينات لدى مدمني الكحول.

و**الأستيل كولين** acetylcholine هو أحد النواقل العصبية التي استأثرت بالاهتمام بتطور إدمان الكحول لدى دراسة الأنماط المظهرية الباطنة، فهو يشبه البروتين GABA في تأثيره في العصبونات التي تتوزع على نطاق واسع في الجهاز العصبي المركزي. وللعصبونات التي تستجيب للأستيل كولين والتي تُوصَف بأنها **عصبونات كولينية المفعول**[1]، دور مهم أيضا في تعديل التوازن العام بين الاستثارة والتثبيط في الدماغ. وقد أوضحت القياسات التي أجريناها على المشاركين في الدراسة التعاونية حول الأسس الوراثية لإدمان الكحول (COGA) ترابطا بمناطق على الصبغيات تتضمن الجينة CHRM2 التي تكود نمطا خاصا من المستقبلات الكولينية المفعول يدعى المستقبل الموسكاريني M2 للأستيل كولين، CHRM2.

ويغيِّر تفعيل المستقبل CHRM2 من إطلاق الإشارات العصبية في التواترات البطيئة **دلتا وثيتا**[2]، التي تترافق مع وظائف معرفية مثل اتخاذ القرار والانتباه [*انظر المؤطر في الصفحة المقابلة*]. وقد استطعنا ربط ضروب الجينة CHRM2 بالحالات السريرية من إدمان الكحول والاكتئاب الشديد. وكما هي عليه الحال في الجينة GABRA2، فإن ضروب الجينة CHRM2 التي يبدو أنها تؤثر في الفعالية الكهربية للدماغ وفي إدمان الكحول وفي الاكتئاب، يبدو أنها لا تغيِّر من بنية بروتين المستقبل بل بالأحرى في تصنيعه.

ويبدو أن هذا الربط الخاص مثيرٌ لأنه يؤكد جزءا من نظرية وضعها عام 1976 D. جانوسكي [الاختصاصي في الطب النفسي] وزملاؤه في جامعة فاندربلت حول ضرورة أن يحافظ الدماغ على توازن دقيق بين مختلف العمليات المنظِّمة للإشارات لكي يعمل على نحوٍ سويٍّ. وبصدد الحساسية الفائقة للموسكارين، وهي أحد التأثيرات المعزِّزة للأستيل كولين في المستقبلات الموسكارينية الكولينية المفعول لدى الأشخاص ذوي الاستعداد للإصابة بالاكتئاب والحالات ذات الصلة به، فقد اقترح الفريق الذي يعمل مع <جانوسكي> أن الحساسية الفائقة للموسكارين هي المصدر المستبطن لاختلال التوازن في الدماغ.

إن الروابط التي اكتشفت مؤخرا بين الجينة CHRM2 وإدمان الكحول والاكتئاب هي أول ما أوضح أن ثمة علاقة مباشرة بين جينة معينة وبين مثل هذه الحساسية الفائقة، وقد قدمت هذه النتائج المتحصلة عن النظام الكوليني المفعول أهدافا جديدة لابتكار معالجات دوائية أكثر نوعية لإدمان الكحول وللاكتئاب، كما أوضحت هذه النتائج أهمية الحاجة إلى فهم كيف يمكن لهذه الاختلافات الواضحة في الفيزيولوجيا أن تسهم في اضطرابٍ بقدر تعقيد الإدمان.

استبصار، وليس قَدَرا محتوما(*)

لقد أُنشئ مشروع الدراسة التعاونية حول الأسس الوراثية لإدمان الكحول (COGA) في الأسَر، إلاّ أن هذا النمط من الدراسات عزَّز الفهم للأهمية النسبية لضروب معينة من الجينات في أن تكون عوامل خطر لدى مجموعات إثنية (عرقية) مختلفة. وهذا لا يعني أن بعض المجموعات الإثنية أكثر استعدادا من غيرها لإدمان الكحول؛ بل إنه بدلا من ذلك، وكما هي عليه الحال بالنسبة إلى نسخة الجينة ALDH1 التي تجعل المنحدرين من أصولٍ شرق آسيوية لا يتحملون الكحول، فإن بعض ضروب الجينات التي تسهم في خطر إدمان الكحول أكثر شيوعا لدى بعض المجموعات الإثنية مما هي عليه لدى سواها. وتعتبر المعارف حول مثل هذه الجينات التي قد تؤثر في إدمان الكحول من قبل هؤلاء الذين ينتمون إلى واحدة من المجموعات الإثنية أداة أخرى من الأدوات التي يمكن استخدامها لتقييم طبيعة المشكلات الفردية، ولتفصيل المعالجة المناسبة لهم وفق ذلك.

ومن الأمثلة على ذلك ما اكتشفه فريقنا مؤخرا من أن التفاوت في جينة تكود مستقبلا يسهم في **الإحساس بالطعم**[3] ويدعى hTAS2R16، يرتبط (هذا التفاوت) ارتباطا ملحوظا بإدمان الكحول لدى الذين شملتهم الدراسة COGA. ويندر هذا الضرب الخطر الذي يسبب نقص الإحساس بالطعم للكثير من المواد المُرّة لدى الأمريكيين المنحدرين من أصول أوروبية، فيما يحمله 45 في المئة من الأمريكيين

(*) Insight, Not Desting
(١) cholinergic neurons
(٢) delta and theta
(٣) taste perception

هناك سُبُلٌ مختلفة لإدمان الكحول إلى جانب سُبُلٍ فيزيولوجية مختلفة ضمنها.

المؤلفان

John I. Nurnberger, Jr. - Laura Jean Bierut

*اختصاصيان في الجينية النفسية ويتعاونان في أغلب الأحيان لدراسة التأثيرات الجينية في أشكال كثيرة من إدمان المواد والأمراض النفسية، مثل الاكتئاب والاضطراب الثنائي القطب. <**نورنبركر**> أستاذ في الطب النفسي بكلية الطب في جامعة إنديانا، وهو أيضا مدير معهد أبحاث الطب النفسي في إنديانا. أما <**بيرت**> فهي أستاذة مساعدة في الطب النفسي بجامعة واشنطن في سنت لويس، وهي مثل <نورنبركر> أحد الباحثين في الدراسة التعاونية حول الأسس الجينية لإدمان الكحول (COGA). وكلا المؤلفين يعربان عن امتنانهما للراحلَين <H. بيگلايتر> و<Th. رايش> اللذين كانا يشغلان منصبي الرئيس ونائب الرئيس في الدراسة التعاونية حول الأسس الجينية لإدمان الكحول COGA منذ انطلاقها، ويقولان: «نحن مدينان لقيادتهما ولرعايتهما للدراسة COGA.»*

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

جينات خطرة(*)

تمثل الجينات التي وجد حتى الآن أنها تحمل خطرا يهدد صاحبها بأن يصبح مدمن كحول طيفا واسعا من السيرورات الفيزيولوجية، تتضمن تفكيك الكحول نفسه، والوظيفة الدماغية المتوازنة وتذوق الطعم وتعزيز المثوبة (المكافأة reward). ويمكن للتفاوتات في الجينات التي تتحكم في هذه الخَلات (السجايا) أن تقي الناس من إدمان الكحول أو تؤهبهم للاستجابة للكحول له بطرق تعزز الإدمان. وتمتلك أيضا بعض ضروب هذه الجينات بالذات ارتباطا بغيرها من الخَلات أو الاضطرابات، مما يشير إلى أن بعض المشكلات التي تتضمن السلوك والمزاج والإدمان لها مصادر متراكبة.

موضع الجينة	البروتين المكود؛ الوظيفة	تأثير الضرب variant الجيني	الارتباط بخَلات أو باضطرابات أخرى
ADH4 الصبغي 4	نازعة هيدروجين الكحول؛ إنزيم يستقلب metabolizing الكحول	زيادة الخطر [ضروب معينة]	لا يوجد
ADH1 الصبغي 4	نازعة هيدروجين الألدهيد؛ إنزيم يستقلب الكحول	واقية	لا يوجد
CHRM2 الصبغي 7	المستقبل الموسكاريني M2 للأستيل كولين؛ ينظم الإشارة العصبية	زيادة الخطر	اكتئاب شديد، تفاوتات بطيئة التواتر دلتا وثيتا في مخطط كهربية الدماغ (EEG)
DRD2* الصبغي 11	المستقبل الدوباميني D2؛ ينظم تعزيز المثوبة reward	زيادة الخطر	تدخين بحكم العادة
GABRG3 الصبغي 15	الوحدة الجزئية g3 للمستقبل $GABA_A$؛ تنظيم إطلاق الإشارات العصبية	زيادة الخطر	لا يوجد
GABRA2 الصبغي 4	الوحدة الجزئية a3 للمستقبل $GABA_A$؛ تنظيم إطلاق الإشارات العصبية	زيادة الخطر	إدمان مخدرات واضطرابات سلوكية وتفاوتات التواتر بيتا في مخطط كهربية الدماغ
HTAS2R16 الصبغي 7	المستقبل hTAS2R16؛ يسهم في إحساس المذاق المرّ	زيادة الخطر	لا يوجد
OPRK1 الصبغي 8 PDYN الصبغي 20	مستقبل الأفيونيات كابًا والبرودينورفين، وهو بپتيد يرتبط به المستقبل؛ وكلاهما يسهم في تنظيم المثوبة والعقاب.	زيادة الخطر	الاستجابة للكرب؛ قد يكون له دور في الاعتياد على الهيروين والكوكائين.

* حتى وقتنا الحاضر تتناقض البينات حول DRD2 والحاجة ماسة إلى المزيد من الدراسات للتأكد من دور الجينة في إدمان الكحول أو النيكوتين.

المنحدرين من أصول إفريقية، مما يجعل هذا الضرب من الجينة من عوامل الخطر الأكثر أهمية في تلك المجموعات السكانية.

إن ما تم تعرفه حتى يومنا هذا من الإسهامات الجينية في الإدمان تؤثر في مختلف جوانب الفيزيولوجيا البشرية، بدءا باستقلاب الكحول ومرورا بالفعالية الدماغية والإحساس بالطعم وذلك كما مر معنا في الأمثلة التي سقناها. ويعتبر تأثير كل جينة على حدة ضئيلا، إذ من المحتمل أن يزيد من المعدل الوسطي للخطر بمقدار 20 إلى 40 في المئة، فيما تسهم الجينات الأخرى التي لم يتم تعرفها بعد في الاستعداد للإصابة بإدمان الكحول.

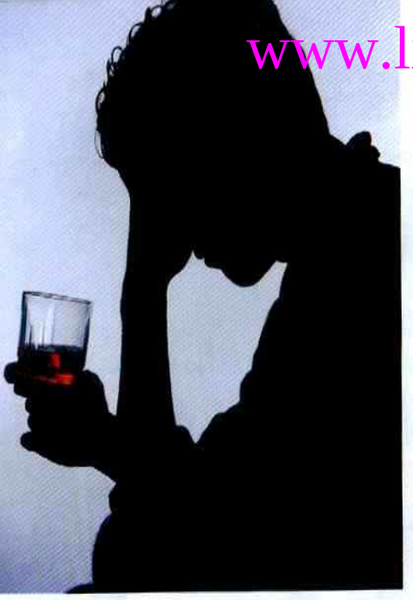
ومن الاختبارات المهمة للتأكد من المكتشفات المتعلقة بالجينات وتمحيصها معرفة كيفية تأثير هذه المكتشفات في الناس في باكورة حياتهم وحتى قبل أن يبدؤوا بتعاطي شرب الكحول بشراهة، ومعرفة ما إذا كان بإمكان ضروب الجينات أن تتنبأ بإدمان الكحول لاحقا. وقد أضافت الدراسة COGA مثل هذا الجانب الاستشرافي على الدراسة لمتابعة الشباب لدى الأسر الأكثر عرضة لخطر إدمان الكحول. وقد أظهرت النتائج الأولية للمراهقين أن الضروب الخطرة من الجينة ADH تترافق فعليا مع شرب الكحول مبكرا، ومن ثم مع تطور مشكلات إدمان الكحول. إلاّ أن حاملي الضروب الخطرة CHRM3 لديهم استعداد أكثر من غيرهم للإصابة المبكرة بأعراض الاكتئاب أكثر من الإصابة بمشكلات إدمان الكحول عندما يكونون مراهقين. أما صغار الشباب الذين يحملون الضرب الخطر للجينة GABRA2، فتظهر لديهم مشكلات في تصرفاتهم، مثل المتاعب مع الشرطة والعراك والطرد من المدرسة، قبل إدمانهم المبكر للكحول. أما في صغار البالغين، فإن الضروب الخطرة من جينة المستقبل GABA، تترافق بالفعل مع إدمان الكحول.

وتعزز هذه الاكتشافات مقولة إن هناك ثلاثة سُبُل مختلفة لإدمان الكحول إلى جانب سُبُل فيزيولوجية مختلفة ضمنها. وقد تسهم الضروب الخطرة للجينة ADH في تطور إدمان الكحول بشكل مباشر بتعزيز شربه بشراهة، فيما تؤهب ضروب الجينة GABRA2 الفرد للوقوع في مشكلات سلوكية تمثل بحد ذاتها عوامل خطر إدمان الكحول. وفي الوقت نفسه، فإن ضروب الجينة CHRM2 قد تفعل

(*) RISKY GENES

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *



فعلها لجعل إدمان الكحول أمرا واقعا من خلال الاكتئاب أو الأعراض الاستبطانية الأخرى.

ومع ارتباط المزيد من الجينات بتطور إدمان الكحول، فستستخدم هذه المعارف المستجدة في تحسين أدوات قياس مدى استعداد الأفراد للوقوع في شرك إدمان الكحول، وتعرف من لديه اضطرابات كحولية ممن قد يبدون استجابة أفضل للمعالجات النوعية. ومن الشائع أن يأخذ الأطباء بعين الاعتبار المرتسم الجيني للفرد إلى جانب عوامل الخطر الأُسَرية والبيئية الأخرى، وذلك عندما يجمعون بين الأدوية والوصفات السلوكية في الحالات المعقدة، مثل ارتفاع ضغط الدم والسرطان و**الاضطراب الانفعالي الثنائي القطب**[1]. والأطباء السريريون هم الآن في أبكر المراحل لاستخدام ضروب الجينات لرسم ملامح القرارات التي يتخذونها لمعالجة إدمان الكحول، ونحن نتوقع أن نمتلك في المستقبل دلائل إرشادية جزيئية تساعدنا على إعداد مثل هذه الاستراتيجيات التي تأخذ بحسبانها سمات كل فرد على حدة.

والاكتشافات الجينية الحديثة المتعلقة بإدمان الكحول قد تطرح أيضا اقتراحات حول طرق تحسين الوقاية من التدخين ومعالجته ومن الأشكال الأخرى من الإدمان التي تشيع مشاهدتها بين الناس الذين يعانون مشكلات إدمان الكحول التي تنحو للتجمع في أسرهم. كما تندرج أيضا اضطرابات المزاج والقلق ضمن هذه الفئة، والارتباط بين ضروب الجينة CHRM2 وإدمان الكحول والاكتئاب يوضح كيف يمكن لهذه المشكلات أن تنبع من مصدر مشترك واحد. ومن ثم فإن فهم إدمان الكحول ينبغي أن يساعد على تعرف تفصيلي للعوامل التي تسهم في تطور الحالات ذات الصلة.

ومع ذلك، لم تكن **الجينية** genetic يوما ما قدرا محتوما. فالجينات قد تتفاعل مع بيئات معينة للإدمان مثل الإسراف أوالإهمال، لتؤدي إلى مشكلات لدى بعض الذين يحملونها، ولكن ليس مع غيرهم؛ ثم إذا كان نصف خط إدمان الكحول قابلا للتوريث فإن النصف الآخر لابد أن يأتي من مصدر آخر، وما من أحد يمكنه أن يصبح مدمن كحول من دون أن يتخذ بعض الخيارات السيئة، إلاّ أن من الواضح أن بعض الناس أكثر حساسية للكحول من غيرهم من المتعرضين للظروف نفسها، ويعمل العلماء على تعرف مصادر هذا الاستعداد للوقوع في شرك إدمان الكحول.

ويحاجُّ الناقدون في أن الأبحاث الجينية حول إدمان الكحول وحول الأشكال الأخرى من الإدمان، والتي يندرج التدخين ضمنها، ليست **تكلفة ذات عائد**[2] من وجهة نظر الصحة العمومية. ومن الأمثلة على ذلك أن بعض الناقدين يدعي أن الأمر الأكثر منطقية هو توجيه الموارد نحو الحد من استخدام المواد التي بإمكانها إحداث الإدمان على نطاق واسع بدلا من تعرف الأفراد ـ مع احتمال تعريضهم لوصمة اجتماعية ـ الذين سيكونون الأكثر تأثرا بمثل هذا التخفيض. ومما لاشك فيه أن تقليص تعاطي الكحول والنيكوتين وغير ذلك من المواد التي تغيِّر المزاج، سيعود بالفائدة العميمة. إلا أن هناك فائدة أيضا في دعم المعرفة الذاتية الخاصة بكل فرد وذلك فيما يتعلق بقابليته لهذا التعاطي، مما يمكِّن الناس من أن تكون خياراتهم في هذا الشأن مبنية على معرفة ذاتية، ويسهم أيضا في رسم ملامح ثقافة تعتبر ذلك من الأهداف الإيجابية.

لقد سبق أن قدم الاختبار الجيني فرصا للتقييم الذاتي لم تكن ممكنة من قبل، وسيزداد الطلب على المرتسمات الجينية في السنوات القادمة. ويمكن استخدام **صفيفات ميكروية**[3]، غالبا ما تسمى **شيپات جينية**[4]، لكشف الضروب الجينية لدى الفرد وكذلك لكشف التفاوتات في الفعالية الجينية وإنتاج سلسلة من التوصيات الطبية والنفسية والسلوكية التي يمكن للفرد أن يأخذ بها أو يتركها عندما يرغب، ذكرا كان أو أنثى. وهذا الاستخدام للمعارف العلمية أمر محتم، ولاسيما في الأمم الحرة ذات الاقتصادات الرأسمالية، لأنها تكون موجهة بمتطلبات السوق وبالمنافسة. ومن هنا كان على الجماعات العلمية والأكاديمية أن تقدم المساعدة على توجيه هذه العملية بتمييز الروابط الفيزيولوجية الحقيقية من الادعاءات الكاذبة وبتشجيع استخدامات مسؤولة اجتماعيا لهذه المكتشفات.

لقد بدأ النشر الإعلامي المعمَّم على نطاق واسع لأخطار التدخين بتقرير نشره كبير الأطباء في عام 1964، وقد أدى تجميع المعلومات الطبية في هذا الشأن مع الضغط الاجتماعي إلى تخفيض معدل انتشار التدخين في العقود التالية. وقد تؤدي توعية الأفراد بالأخطار الطبية الجينية الفردية إلى تغيير خيارات الفرد. وقد لا تُلاحظ سريعا التأثيرات الصحية والاجتماعية الواسعة النطاق لهذا النمط من المعلومات، ولكنها قد تصبح عميقة تماما مع تقدم الزمن. ■

(١) bipolar affective disorder
(٢) cost effective
(٣) microarrays
(٤) gene chips

مراجع للاستزادة

The Collaborative Study on the Genetics of Alcoholism: An Update. Howard J. Edenberg in *Alcohol Research & Health*, Vol. 26, No. 3, pages 214–218; 2002. Available at www.niaaa.nih.gov/Publications/AlcoholResearch

Evidence of Common and Specific Genetic Effects: Association of the Muscarinic Acetylcholine Receptor M2 (CHRM2) Gene with Alcohol Dependence and Major Depressive Syndrome. Jen C. Wang et al. in *Human Molecular Genetics*, Vol. 13, No. 17, pages 1903–1911; June 30, 2004.

Endophenotypes Successfully Lead to Gene Identification: Results from the Collaborative Study on the Genetics of Alcoholism. Danielle M. Dick et al. in *Behavior Genetics*, Vol. 36, No. 1, pages 112–126; January 2006.

Scientific American, April 2007

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

تأمُّلات في حقبة الخصوصية الجديدة(*)

كثير مما يُطرح بوصفه قضايا تتعلق بالخصوصية، يمكن أن يتحوَّل إلى قضايا تتعلق بالأمن أو السياسة الصحية أو التأمين أو تقديم الذات. ومن المفيد توضيح تلك القضايا قبل تسليط الضوء على مسألة الخصوصية ذاتها.

<E. دايسون>

إذا ذُكرت كلمة «خصوصية» على الملأ، فإنها كثيرا ما تثير نقاشات حادة. فهذا يبدي قلقه من إساءة استعمال الحكومة للسلطة، وذاك يَحْمرُّ وجهه خجلا بسبب تعاطيه المخدِّرات، أو بسبب تاريخه الجنسي، وآخر يصب جام غضبه على طريقة الشركات في جمع بيانات خصوصية للإفادة منها في إعلاناتها، أو على كيفية بحث شركات التأمين في السجلات الطبية الشخصية كي تمتنع عن تقديم التأمين الصحي لشخص ما. ويخشى البعض من عالم تتفشى فيه النزعة التجارية، حيث تُستخدم البيانات لتصنيف كل فرد ضمن قطاع أو آخر من «قطاعات السوق» ـ أفضل قطاع يلبي رغبات الناس القوية، أو يستغل نزواتهم الطائشة. وينزعج آخرون من انتهاكات الدولة لخصوصياتهم، ومن القيود الاجتماعية.

تُطرح هذه المخاوف عادة بوصفها مقايضات: خصوصية أقل مقابل رعاية طبية أنجع، وخصوصية أقل مقابل معلومات إنترنت مجانية (لها طابع الدعايات)، وخصوصية أقل مقابل أمن أفضل. لكنْ بعد أن استُهلكت تلك السجالات بمجملها، تعود اليوم إلى الواجهة بطريقة لم تعهدها من قبل، عندما كان الاختصاصيون والمطلعون على بواطن الأمور والمستميتون في الدفاع عن الخصوصية هم وحدهم الذين يكترثون لمثل هذه الأمور.

فمن جهة أولى، أصبح تآكل الخصوصية أمرا بيِّنا. فقد غدت شبكة الإنترنت حاليا بمتناول معظم الأمريكيين، وأكثرنا على الأرجح طرح على نفسه، مرة أو أكثر، السؤال التالي: «كيف عرفوا ذلك؟» إن الإدارة الأمريكية لا تزال تنتهك خصوصية الناس يمينا ويسارا، في حين أنها تمارس المزيد من عملياتها خفْية. وقد بات من الصعب علينا أن نتصرَّف سراً إذا بذلت جهة ما، وبخاصة الحكومة، بعض الجهد لمعرفة هويتنا.

ومن جهة أخرى، طرأت على الناس أسباب جديدة وقسرية حملتهم على البوح بمعلوماتهم الخاصة. **فالطب المشخْصَن**(1) أوشك أن يصبح حقيقة. والمعلومات الصحية والجينية المفصلة والدقيقة، المستمدة من السجلات الطبية الخاصة، بغرض معالجة الأفراد وتحليل الإحصاءات الوبائية بين الناس، تنطوي على إمكانات هائلة لتحسين الرفاه العام للمجتمع. والكثيرون يستمتعون بالتشارك مع غيرهم في المعلومات الشخصية في مواقع الشبكات الاجتماعية في الإنترنت. أما في الجانب المظلم، فقد دفع الخطر المتزايد للإرهاب الكثيرين إلى التخلي عن معلومات خاصة لقاء وعود وهمية بالسلامة والأمن.

إن القسط الأكبر من الخصوصية، التي اعتبرها الناس في السابق من المسلَّمات، كان ناتجا ثانويا للتنافس في إيجاد المعلومات وتجميعها. لكن ذلك التنافس قد زال بمعظمه. فكل فرد منا يعيش حياته معتبرا نفسه شخصية مرموقة، وأن تحركاته لافتة للنظر، وأن زيادة وزنه وأيامه التعيسة هي موضوعات للتعليق عليها. وأصبحت التساؤلات، التي لم تكن تُطرح من قبْل، قابلة للطرح علنا: هل كان ذلك الغداء الذي تناولناه معا «موعدا غراميا؟» مَنْ من أصدقائي يأتي في المرتبة الأولى؟

شروط حدية(**)

وفيما يلي سنستعرض التقانات التي تؤدي إلى تآكل الخصوصية، وتلك التي تحافظ عليها.

(*) العنوان الأصلي: Reflections on Privacy 2.0. المقصود بالخصوصية 2.0 هو حقبة الخصوصية الجديدة في ظروف انتشار الإنترنت.

(**) Boundary Conditions

(1) personalized medicine، أي استخدام المعلومات الجينية الشخصية لتفصيل العناية الطبية للأشخاص اعتمادا على تكوينهم الجيني. (التحرير)

مفاهيم مفتاحية

- كثيرا ما تُفهم اهتراءات الخصوصية على نحو أفضل باعتبارها أنواعا أخرى من الضرر.
- يمكن أن يكون «فقدان الخصوصية» فقدانا للأمن فعلا.
- إن معظم (وليس مجمل) القلق بشأن الخصوصية الجينية سوف يزول إذا كانت تكاليف الرعاية الطبية ملائمة للجميع.
- يجب أن يكون للمواطنين الحق في مراقبة المعلومات الخاصة بأنشطة الحكومة والموظفين الرسميين وإعلانها على الملأ.
- أصبح الناس قادرين على الحصول على أدوات فعالة للتحكم في المعلومات الشخصية التي يرغبون في التصريح عنها، وفي تحديد المخوَّلين معرفتها.

محرِّرو ساينتفيك أمريكان

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

أدين والد «آدم» بسرقة تافهة زورا.

«حبيتي» هي القاضية التي حكمت على والد «آدم» بالسجن بتهمة السرقة.

«كريس» هو الذي ارتكب السرقة في الواقع. وكانت حبيبته قد تقدمت بطلب وظيفة في مكتب المحكمة التي تعمل فيها القاضية «حبيتي».

ولوضع النقاش ضمن إطاره الصحيح، أود طرح ثلاث نقاط محورية.

أولا، عندما نعرِّف إفشاء بعض المعلومات بأنه انتهاك للخصوصية، فإنه من المفيد أن نميِّز بين الأذى الحقيقي الناجم عن الإفشاء، ومن أمثلته الغش والامتناع عن تقديم خدمة وإنكار الحرية، وبين الأذى النفسي الذي يُعتبر فيه مجرد معرفة الآخرين لمعلومات الشخص الخاصة ضررا. ففي كثير من الحالات، ما يسمى انتهاكا للخصوصية ليس في الواقع إلا انتهاكا للأمن أو أذى ماليا. إذا أُفشي رقمك الخاص بالضمان الاجتماعي وأسيء استعماله ـ أنا مثلا أعطي رقمي عدة مرات في الشهر ـ فإن ذلك ليس مسألة متعلقة بالخصوصية، بل مسألة متعلقة بالأمن. أما في انتهاكات الخصوصية، فإن «الأذى» الذي يشعر به الشخص هو أذى نفسي وشخصي. لذا، بدلا من محاولة وضع تعريف عام للخصوصية للجميع، على المجتمع أن يوفِّر لأفراده أدوات يتحكمون فيها في استعمال بياناتهم ونشرها. إن الموازنة بين كتمان المعلومات وإفشائها هي خيار يخص المرء وحده، أما الحاجة إلى الأدوات، وحتى إلى القوانين التي ترسي هذا الخيار، فهي مسألة تخص الجميع.

ثانيا، ومع إعادة رسم الحدود الفاصلة بين ما هو خصوصي وما هو علني، يجب أن يحتفظ الناس بحقهم في أن يكونوا رقباء. عندما تتعرض الخصوصية الشخصية لمزيد من القيود في عالم بيانات قابلة للتعقب عديم التنافس، يصبح حق الأفراد في تعقُّب أنشطة الهيئات النافذة، سواء أكانت حكومات أم شركات كبرى، والإبلاغ عنها، عاملا حاسما في صون الحرية وإحلال التوازن بين مصالح الأفراد والهيئات.

أما النقطة الثالثة فهي شرح مفصل للنقطة الأولى: عندما نقدِّر التغيرات في توقعات الناس بشأن الخصوصية، فإن من المهم أن نفهم الطابع الخشن للتحكم الشخصي في البيانات. إن الخصوصية ليست شيئا ذا مقاس وحيد يلائم الجميع، فالأشخاص المختلفون لهم تفضيلاتهم المختلفة في الأوقات المختلفة بشأن مصير معلوماتهم الشخصية، وبشأن المخوَّلين الاطلاع عليها. قد لا يملك الناس الحق في، أو المقدرة على، فرض تفضيلاتهم في العلاقات القسرية، كتلك التي تحصل حين تعاملهم مع كيان حكومي مثلا، أو مع هيئة من قبيل رب عمل أو شركة تأمين، يريدون الحصول منه على شيء. ومع ذلك، كثيرا ما يكون الوضع التفاوضي للناس أفضل مما يظنون، وقد بدؤوا الآن يكتسبون الأدوات والمعرفة الكفيلة باستغلال هذا الوضع.

أضرار حقيقية(*)

ليس الأمن القضية الوحيدة التي تُطرح بوصفها مرادفة للخصوصية. فمثلا، هناك عدد كبير من القضايا المتعلقة بالخصوصية الطبية والجينية، وهي في واقع الأمر قضايا مال وتأمين. هل على الناس المصابين بعلل صحية أن يدفعوا مبالغ أكبر للحصول على الرعاية الصحية؟ إذا كنت تعتقد عكس ذلك، فقد تشعر بأنك مرغم على استنتاج أنه يجب ضمنا السماح لهم بالكذب. وغالبا ما يُعتبر هذا الاستنتاج، على نحو مضلل، وكأنه حماية للخصوصية. إن المسألة الحقيقية ليست الخصوصية، بل النموذج التجاري الذي تعمل بموجبه صناعة التأمين في الولايات المتحدة. فالناس لن يبالوا كثيرا بالخصوصية الطبية إذا لم يؤدِّ الكشف عن حقيقة صحتهم إلى تحميلهم أعباء فواتير طبية وأقساط تأمين باهظة.

ويبدو أن البيانات الجينية توفِّر مثالا مقلقا لإمكان التمييز بين الناس. فأحد المخاوف هو أن شركات التأمين سوف تعمد قريبا إلى طلب إجراء فحوصات جينية لطالبي خدمات التأمين، وإلى رفض تأمين أيِّ شخص معرض لمخاطر وراثية. إن **الجينوم** genome يحمل فعلا كمية وفيرة من المعلومات، فهو قادر على تحديد هوية أي شخص على نحو فريد، وذلك باستثناء التوأمين المتماثلين؛ كما يستطيع الجينوم إظهار العلاقات الأسرية التي قد تكون قد أُخفيت. ويمكن تشخيص بعض الأمراض النادرة بوجود أدلة جينية معينة.

(*) Objective Harms

إن الشفافية المتزايدة للحدود الشخصية التقليدية في مجتمعنا، التي أوجدتها الإنترنت، سوف تدفع الناس إلى التصدي لقضايا أخلاقية لم تكن لتنشأ عندما كانت المعلومات مقسَّمة إلى أجزاء مستقلة تماما. وتوضِّح أفكار الشخصيات الخيالية المختلفة الواردة في الصورة هذه النقطة. لو كانت تلك الأفكار تنطبق حقا على أولئك الأشخاص وعُرضت في الإنترنت، لنتجت منها بعض القضايا الأخلاقية الشائكة.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

إلا أن الجينات ليست إلا واحدة من العوامل في حياة الإنسان. فهي لا تبيِّن إلا القليل من حركية الأسرة، ولا تستطيع أن تعبِّر عمَّا آلت إليه قدرات الشخص الموروثة. لكنها تعبِّر عن نفسها عادة من خلال التفاعلات المعقدة مع التنشئة والسلوك والبيئة والمصادفة المجردة.

ويمكن أن يصبح التمييز الجيني مخالفا للقانون قريبا. ففي الشهر 2008/5، صادق رئيس الولايات المتحدة على قانون «عدم التمييز بالمعلومات الجينية» (GINA)[1]، وهو قانون يحرِّم التمييز بين الناس في مجالات التأمين والتوظيف بناء على فحوصات جينية.

ومع ذلك، فإن سيل المعلومات الجينية والطبية الآتي يمكن أن يغيِّر جوهر طبيعة التأمين الصحي. فمع تحسُّن تدفُّق المعلومات الصحية الخاصة بفئة كبيرة من الناس، وتحسُّن تعقُّب الأمراض ونتائج العلاجات، يصبح التنبؤ الدقيق المبني على الدراسات الإحصائية أكثر سهولة. فإذا أمكن تصنيف الناس ضمن ما يعرف باسم **سلات التكلفة**[2] بدقة معقولة، فإن تأمين الناس مع تكاليف طبية مرتفعة لن يبقى مسألة أن كل شخص يجب أن يدفع قسط التأمين نفسه، بمعنى مراكمة الأموال الجماعية لمواجهة مخاطر إفرادية غير معروفة، بل مسألة فرض إعانات يدفعها المجتمع لتوفير تأمين تكاليفُه معقولة لأولئك الذين قد تجعل المخاطر الصحية الكبيرة أقساط تأمينهم أو علاجهم باهظة.

نتيجة لذلك، سوف يكون على المجتمع أن يحدِّد، بوضوح وعلى الملأ، أنواع التمييز المقبولة وغير المقبولة. إننا سوف نُرغَم جميعا على مواجهة الخيارات الأخلاقية بحزم، بدلا من الاختباء وراء الإرباك الناجم عن عدم شفافية المعلومات. إذا طُلب إلى شركات التأمين أن تتكفَّل بإدارة الإعانات، فإنها سوف تطالب بوضع قواعد واضحة بشأن النفقات الصحية الإفرادية ونِسَبها التي يرغب المجتمع في توفيرها وفي تسديد نفقاتها. (السبيل إلى ذلك، كالعادة، هو ضمان أن شركات التأمين وموفِّري الرعاية الصحية يمكنهم جعل التكاليف منخفضة من خلال توفير رعاية جيدة والاعتناء بصحة زبائنهم بدلا من تقييد هذه الرعاية. إن المعلومات المتزايدة بخصوص المخاطر الصحية ونتائج العلاج التي ذكرتها آنفا سوف تساعد على تحديد فعالية الرعاية وعلى خفض التكاليف).

(*) Timeline

(١) Genetic Information Nondiscrimination Act

(٢) cost bucket سلة التكلفة هي عنصر تكلفة، من قبيل تكلفة المواد، أو أجور العمال، أو غيرهما.

(٣) First Amendment

(٤) Puritan rules. قواعد تُنسب إلى پوريتان وهو عضو مجموعة بروتستانتية في إنكلترا ظهرت في القرنين السادس عشر والسابع عشر وكانت بالغة التشدد في مراعاة الآداب والإطاعة المطلقة لأوامر الدين.

(٥) The Bill of Rights

(التحرير)

المؤلفة

Esther Dyson

هي أحد المستثمرين النشيطين في مجموعة متنوعة من المشاريع المُستحدَثة، ومنها 23andMe (شركة خاصة بتحليل معلومات الزبائن الجينية) وPatientsLikeMe (موقع في الإنترنت للتشارك في المعلومات الطبية) و Boxbe (خدمة في الإنترنت لمساعدة المستخدمين على ترتيب بريدهم الإلكتروني). أما فيما يتعلق بمشروع الجينوم الشخصي Personal Genome Project، فسوف ترسل حدايسون> مع تسعة أشخاص آخرين، سلاسلهم الجينية الكاملة، وما يُرافقها من معلومات صحية، لعرضها في الإنترنت. تقول حدايسون>: «كنت في الآونة الأخيرة في شركة للتأمين الصحي، واستفسرتُ من وكيل الشركة إنْ كان يريد نسخة من الجينوم الخاص بي، فقال بلطف: أنْ لا حاجة إليها». حدايسون> هي مؤلفة الكتاب Release 2.0 الذي عالجت فيه الخصوصية في الإنترنت عام 1997.

[التسلسل الزمني لتطوُّر الخصوصية](*)

الحياة الاجتماعية والتقانة

1600

القرن السابع عشر: كان رجال الدين الذين يحتفظون بسجلات الولادات والزواج والوفيات يشكِّلون شبكة معلومات للقضايا المدنية مطردة الاتساع. وفي ماساشوستس، كان الحراس الحكوميون يدققون في حُسن سلوك الأسر الأخلاقي.

1700

القرن الثامن عشر: كانت الخصوصية ضمن الأسرة قليلة. فقد كان أفراد الأسرة، وحتى الضيوف، يتشاركون في الفراش دون حرج.

القرن الثامن عشر: كانت الرسائل البريدية تُفتح دائما أثناء مرورها في منظومة البريد.

1800

القرن التاسع عشر: نشرت الصحيفة penny press شائعات غير مضبوطة عن الحياة الشخصية للمشاهير، وذلك في ظل التعديل الأول للدستور[3].

1838 وُضعت تقانة البرق في الخدمة، وبدأ التنصت على الرسائل البرقية.

1900

حوالي 1900: ترسُّخت بصمات الأصابع بوصفها معرِّفا فريدا للهوية غير متبدِّل.

القانون والسياسة

1600

القرن السابع عشر: بموجب قواعد پوريتانية (أو صفوية)[4]، اعتُبرت رعاية الجار واجبا مدنيا، ومُنع الناس في كثير من المدن من العيش بمفردهم.

1700

القرن الثامن عشر: نُظر إلى الحياة الخاصة على أنها خلاص من حالة الاضطراب العام. واعتنق المستوطنون، على غرار الإنكليز والرومان، فكرة أن «منزل الإنسان هو حصنه».

1800

1787: نص الدستور الأمريكي على إجراء إحصاء للسكان كل عشر سنوات. ونظر الكثير من الناس إلى هذا الإحصاء نظرة ريبة.

1791: حمَت وثيقة الحقوق[5] حرية الكلام ومنعت تفتيش الممتلكات وحجزها بصورة غير مبررة.

1900

1890: دافع كل من S. D. ورَن> و حا. براندیس> عن الحق في الخصوصية، وذلك في المجلة Harvard Law Review.

الخصوصية في أمريكا بين عامي 1600 و 2008

يَجمَع الأمريكيون، على نحو عجيب، بين فضول لا يمكن إشباعه، وإصرار على ألاَّ يتدخل أحد في شؤونهم.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

حق الناس في أن يكونوا رقباء(*)

إن الناس بحاجة فعلا إلى قوانين ترعى الخصوصية عندما يكون أحد الطرفين في وضع يخوِّله طلب بيانات إلى الطرف الآخر. وأهم مثال على ذلك هو السلطة التي تتمتع بها الحكومة لجمع واستعمال (أو إساءة استعمال) البيانات الشخصية، والتي لا بد من وضع حدٍّ لها.

ما هي أفضل وسيلة للحد من سلطة الحكومة؟ إنها ليست القوانين التي تحمي خصوصية الأفراد والتي قد تمتنع الحكومة من التقيد بها أو وضعها موضع التنفيذ، بل القوانين التي تحد من خصوصية الحكومة والموظفين الرسميين. لذلك لا بد من أن يحتفظ الناس بحقهم بالمعرفة وبأن يكونوا رقباء.

لقد كان الإعلام تقليديا وسيلة أساسية لضمان ذلك الحق. لكن الإنترنت وفَّرت للناس الأدوات والمنبر للإمساك بزمام الأمور بأيديهم. فقد أصبح بإمكان كل **كَمِرة**(١) ومسجِّلة فيديو أن تكون شاهدة عمومية على أفعال الاضطهاد، على غرار ما ظهر مروِّعا في شريط فيديو **رودني كينك**(٢) في عام 1991، وما أظهرته صور سجن أبو غريب في عام 2004. إن الإنترنت هي المنبر الذي يوفر للجميع نفاذا فوريا إلى جمهور واسع في شتى أنحاء العالم. والتقارير التي تصدر عن منظمات أهلية (غير حكومية) وعن مواطنين عاديين من مختلف أرجاء العالم توزَّع في الإنترنت بواسطة مواقع الشبكات الاجتماعية ومواقع تشارك الملفات، وعلى شكل رسائل نصية عبر الهواتف الخلوية.

وخلافا للمتوقع، لعل أفضل نموذج معلومات ينبغي أن يطلبه المواطنون إلى الحكومة هو نموذج المعلومات الذي تطلبه الحكومة نفسها إلى قطاعات الأعمال. فالتشدُّد في القوانين المتعلقة بإعلان المعلومات التجارية يزداد باستمرار، ومن أمثلتها معلومات عن ممارسات العمل والنتائج المالية وجميع ما تفعله تلك القطاعات. إن للمستثمرين حقًا في معرفة معلومات عن الشركة التي يمتلكونها، وحقًا في معرفة معلومات عن مكونات المنتجات التي يشترونها وعن كيفية صنع تلك المنتجات.

وللسبب نفسه، لنا الحق في معرفة معلومات عن السلوك المهني للأشخاص الذين ننتخبهم وندفع رواتبهم. إن لنا الحق في معرفة معلومات عن تضارب المصالح وعمَّا يفعله الموظفون الرسميون في أوقاتهم (التي هي أوقاتنا نحن). ويجب أن تكون لنا على الحكومة الحقوق نفسها التي

مأزق الهوية(**)

يحتاج الناس إلى أن يكونوا قادرين على إثبات هويتهم للحصول على وظيفة، أو قيادة سيارة، أو فتح اعتماد أو ما شابه ذلك.

لكن توفُّر المعلومات الشخصية بكثرة يسهِّل نسبيا انتحال هوية شخص حقيقي.

في الوقت نفسه، ماذا يجب أن يفعل المجتمع للأشخاص الذين لا يستطيعون، أو لا يريدون، إثبات هويتهم، ومنهم المهاجرون اللاشرعيون، والأشخاص الذين يسعون إلى الحصول على شخصية جديدة، والأشخاص الذي يرغبون في البقاء منعزلين.

(*) The Right to Bear Witness

(**) Dilemmas of I.D

(١) أو كاميرا: آلة تصوير.

(٢) Rodney Glen King، شاب أمريكي أسود سقط ضحية بأيدي شرطة لوس أنجلس في عام 1991، وصوَّر الواقعة أحد الجيران بكمرة فيديو.

(٣) public key encryption

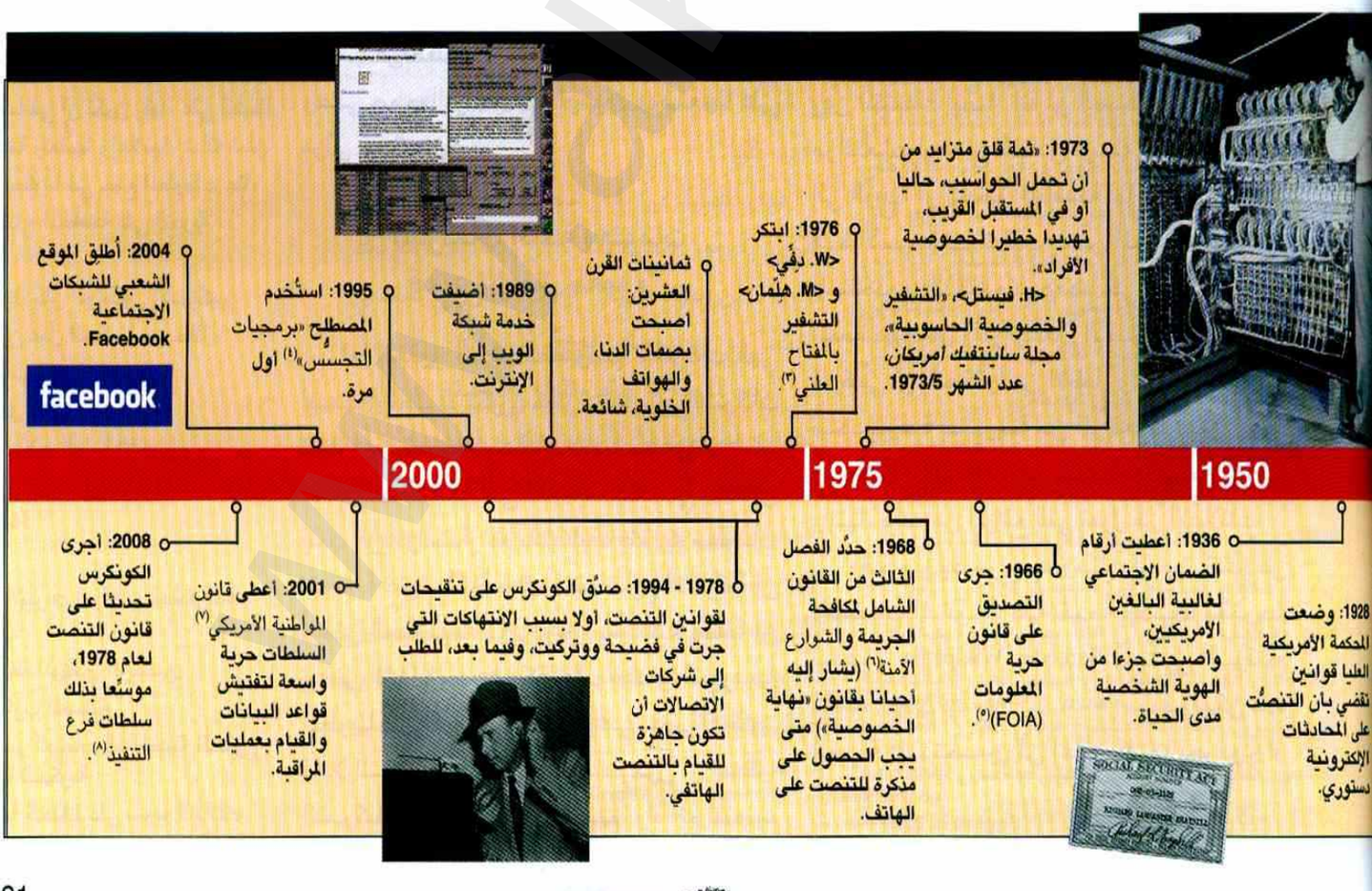
(٤) spyware

(٥) Freedom of Information Act

(٦) The Omnibus Crime Control and Safe Streets Act

(٧) The USA PATRIOT Act

(٨) The Executive Branch. هيئة أمريكية مسؤولة عن تنفيذ القوانين. (التحرير)



www.alkottob.com

www.lilas.com/vb3 * me3refaty *

تتجلى فوائد ومساوئ حفظ السجلات إلكترونيا بوضوح في معضلة توفير السجلات الطبية في الإنترنت. إن هذه السجلات يمكن أن تنقذ حياة ضحية فقدت الوعي في حادث (اليمين). لكن إذا كشفت هذه السجلات عن وجود مشكلات صحية يمكن أن تكون باهظة التكاليف، فقد تكون سببا لرفض دفع تعويضات التامين (الأعلى).

طريق ذو اتجاهين(*)

إن حقنا في أن نكون رقباء على أنشطة الحكومة وتعقبها وإعلانها، شأنه شأن حق الحكومة في جمع المعلومات عنا، هو مفتاح المحافظة على الحرية.

تاريخيا، كان المواطنون الأمريكيون يراقبون عمل الحكومة من خلال:

- وسائل الإعلام الإخبارية
- سجل التشريعات
- السجلات العامة الأخرى
- قانون حرية المعلومات (FOIA)، وما شابهه

توفّر الإنترنت أدوات جديدة لمراقبة وكشف:

- أنشطة الموظفين الرسميين
- تضارب المصالح
- مصير البيانات الشخصية المصرح عنها للحكومة
- كيفية الحفاظ على سرية البيانات

للمساهمين والزبائن (وللجنة الأمريكية للسندات المالية والتبادلات، في هذا المقام) وعلى شركة استثمارات عامة. في الواقع، ووفقا لقناعتي، ثمة للمواطنين حقوق أكثر على الحكومة لسبب أساسي هو أننا مرغمون على إعطاء الحكومة ذلك القدر الكبير من البيانات. لذا يجب أن نكون قادرين على مراقبة ما تفعله الحكومة ببياناتنا الشخصية، وعلى تدقيق عمليات إدارتها وحفظها آمنة (من خلال ممثلين لنا). إن المؤسسة Sunlight (www.sunlightfoundation.com)، التي أنتمي إلى مجلس أمنائها، تشجع الناس على البحث عن معلومات تخص ممثليهم التشريعيين، وحتى جميع الموظفين الحكوميين، ووضعها على مرأى من الجميع.

تشريعات إتاحة معلومات قطاع الأعمال للعموم(**)

أما الحقوق المتعلقة بخصوصية الشركات، فهي ليست (ويجب ألاّ تكون) كثيرة. أجل، إن الشركات تمتلك حق تسجيل معاملاتها مع الزبائن، وإن المعاملات القائمة على التسليف تقتضي عادة أن يثبت الزبائن جدارتهم بالتسليف بتقديم معلومات خاصة عنهم. لكنْ، مثلما تستطيع الشركة أن ترفض البيع دينا، فإن الزبون يستطيع أيضا أن يرفض التعامل مع شركة تطلب مقدارا كبيرا من المعلومات. وباستثناء ذلك، كل شيء يجب أن يكون قابلا للتفاوض. إن الزبائن يستطيعون أن يسألوا الشركات عمّا تفعله ببياناتهم، وإذا لم تقنعهم الإجابة، أمكنهم الانتقال إلى شركات أخرى. إن ما يجب أن يفرضه القانون هو إجبار الشركات على التقيد فعلا بالممارسات التي تفصح عنها.

وعلى غرار المعلومات التي تُبيحها الحكومة (وخصوصا التي يبيحها السياسيون حين يترشحون لمناصب معينة)، فإن إفشاء معلومات الشركات قد تخطى ما تستوجبه التشريعات. وفي كل مجال من الأنشطة، بدأ حتى أقل الناس أهمية بالتعبير عن آرائهم. وباتت جميع أنواع مواقع الويب مكرَّسة للتقييمات والنقاشات وغيرها من محتوى الويب الذي يولِّده المستخدمون عن الخدمات، كالفنادق وعيادات الأطباء وما شابهها، وعن المنتجات أيضا. إنه لمن الصحيح أن كثيرا من مراجعات أوضاع الفنادق ترسله الفنادق نفسها إلى الويب، أو الفنادق المنافسة لها. (للثني عن مثل هذه الأساليب، تطلب بعض المواقع سيرة المستخدمين الذاتية وتشجعهم على تقييم مصداقية المستخدمين والمراجعين الآخرين). وفي وسع المرضى أن يتحققوا من الأطباء والمستشفيات في مجموعة متنوعة من المواقع، بدءا من الموقع HealthGrades.com (وهو خدمة مدفوعة الأجر) وانتهاء بعدد من المواقع التي تُموَّل من الإعلانات.

وفيما يخص معلومات المستخدم عن المنتجات المادية، ثمة خدمة جديدة مقترحة تدعى Barcode Wikipedia (على الموقع www.sicamp.org/?page_id=21) سوف تمكِّن هذه الخدمة المستخدمين من إعلان كل ما يعرفونه أو

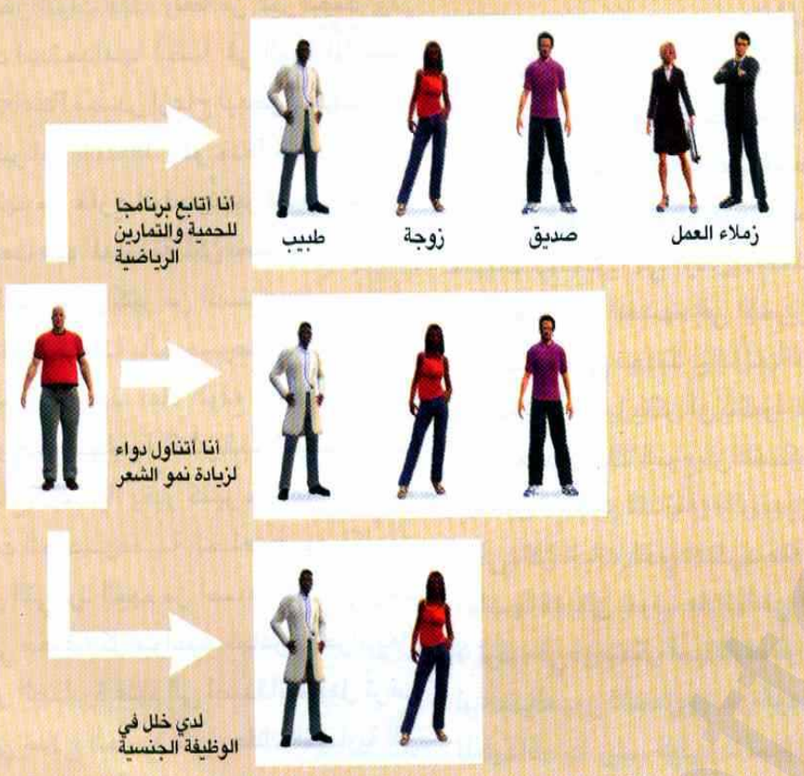
(*) Two-Way Street
(**) Sunshine for Businesses

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

درجات إفشاء المعلومات

قد يرغب شخص أصلع وبدين في التحكم في عملية نشر أجزاء مختلفة من سجلاته الطبية الإلكترونية ضمن دائرة ضيقة جدا من الأشخاص. إن صلعه وزيادة وزنه واضحان (إن لم يكونا مميِّزين)، لكنه لا يرى ضرورة لأنْ يعرف أحد، باستثناء طبيبه وزوجته وأصدقائه وزملائه في العمل، أنه مشترك في برنامج الحمية والتمارين الرياضية الذي يقوم به رب عمله. وهو يقبل أن يطلِّع طبيبه وزوجته وأصدقاؤه المقرَّبون على الأدوية التي يستعملها لمنع تساقط الشعر، لكنه لا يريد أن يعرف أحد، باستثناء زوجته وطبيبه، اختلال وظيفته الجنسية.



يمكن أن يكتشفوه عن منتج معين: مكوناته أو محتوياته، ومكان تصنيعه أو تجميعه، ومنهجيات العمل لدى الصانع، وتأثيرها البيئي أو آثارها الجانبية، وغير ذلك. وللشركات الحرية في الإعلان في الموقع نفسه أيضا، مبيِّنة وجهات نظرها عن الموضوع. بلا ريب، بهذا النفاذ المفتوح إلى الموقع، سوف تتضمن الإرسالات إليه على الأرجح مبالغات وأباطيل إلى جانب المعلومات المفيدة. لكن مع مرور الوقت، كما برهنت **ويكيبيديا**(1) نفسها، سوف يراقب المستخدمون المستخدمين الآخرين وسوف تبرز الحقيقة إلى العلن بصورة أو بأخرى.

الحياة العامة(*)

حتى عهد قريب، كانت الخصوصية متاحة (لكنْ غير مضمونة) لمعظم الناس من خلال حركة المعلومات المحدودة: المعلومات عما فعلْتَه سرا لم تكن لتنتقل بعيدا إلا إذا كنت ذائع الصيت أو ذهبْت بعيدا في إعلان أنشطتك على الملأ. أما اليوم، فإن مفهوم الخصوصية بحد ذاته يخضع للتغيُّر. فالكثير من البالغين يستفظع ما يراه في الموقعين Facebook و MySpace. ويدرك بعض المراهقين مخاطر استخدام مواقع الشبكات الاجتماعية في الويب، لكنهم لا يأخذونها على محمل الجد، وهذا موطن ضعف متأصل في المراهقة منذ القدم. إن من غير المستبعد أن يظهر تشريع يقضي بغض الطرف عن تصرفات المراهقين الطائشة، وسوف يخفِّض معظم أرباب العمل (الذين يستطيعون، كغيرهم، البحث في صفحات الويب الخاصة بالباحثين عن عمل) معاييرهم ببساطة ويمضون في استئجار العمال، مع أن بعضهم قد يبقى متشددا في شروطه. انظر إلى مسألة الوشم: قبل 20 سنة، كان الكبار يحذرون الصغار من مغبته. أما اليوم، فإن نصف عدد النسوة في حجرة تبديل الملابس بالنادي الصحي الذي أنتمي إليه، على أجسادهن وشم، وأعتقد أن النسبة نفسها، أو نسبة أكبر منها، موجودة لدى الرجال أيضا.

وما زال لدى الصغار حس بالخصوصية، ومازال من الممكن أن تجرحهم آراء الآخرين. فالأمر هو أن الكثيرين منهم قد اعتادوا على قضاء معظم حياتهم في مجتمع عمومي أكثر مما فعل أهاليهم. وأظن أن هذا يمثل تغيُّرا حقيقيا. لقد مثَّل القرن العشرون أيضا تغيُّرا بالنسبة إلى القرن التاسع عشر. ففي القرن التاسع عشر، كان الأشخاص الذين ينامون بمفردهم قلائل، وكان الأطفال ينامون معا في غرفة واحدة إنْ لم يكن مع أهلهم. لقد امتلك بعض الأثرياء غرفا خاصة بهم، لكنْ كان لديهم أيضا خدم لإفراغ مباولهم، ومساعدتهم على ارتداء ملابسهم، والاهتمام بمعظم حاجاتهم الخاصة. إن فهمنا للخصوصية المادية في القرن العشرين جديد كليا.

قبل ذلك بقرون، كان معظم الناس، في معظم القرى، يعرفون أشياء كثيرة عن بعضهم. ومع ذلك كان المُعلن منها قليلا. إن ما كان في الماضي مختلفا هو أن <جمال> لم يكن قادرا على الدخول إلى الويب لمعرفة ما كانت تقوله <ألطاف>. قد يكون <جمال> قد خمَّن ما كانت <ألطاف> تعرفه، لكنه لم يكن مضطرا إلى مواجهة حقيقة أنها تعرف ما تعرفه. وعلى نحو مماثل، كان <جمال> يستطيع الابتعاد عن <ألطاف> بسهولة. أما اليوم، في عالم الإنترنت المفتوح، إذا كان <جمال> الحبيبَ السابق لـ<ألطاف>، فقد تقتله الغيرة إذا ما رآها في الإنترنت تغازل غيره. هل ثمة من مفهوم من قبيل

(*) Public Lives
(**) Controlling self-presentation
(1) Wikipedia

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الخصوصية المخفية عن رغبات المرء نفسه؟

بياناتي، صورة ذاتي(*)

ثمة تغيُّر كبير آخر في الخصوصية الفردية هو أن الناس أصبحوا يتعلمون كيف يمارسون بعض التحكم في ماهية البيانات التي يمكن للآخرين الاطلاع عليها. لقد وفَّر الموقع Facebook للملايين الأشخاص أدوات لذلك، ولعله من غير قصد، وفَّر إجراءات استخدامها أيضا. في السنة الماضية، مثَّل Facebook مصدر إزعاج لبعض مستخدميه بسبب البرنامج Beacon، وهو خدمة تتعقَّب مصادر مشترياتهم من خارج الموقع وتُخبر أصدقاءهم بها. وافتُضحت هذه الممارسة، لكنْ بصورة غير فعالة، ونتيجة لذلك، تمكن كثير من المستخدمين من كشف الإعدادات المتعلقة بالخصوصية التي كانوا يجهلونها. (فيما بعد، أعاد الموقع Facebook ترتيب الأمور ووضع منهجية أكثر قبولا، وهدأت حدة الاحتجاج). وحاليا، يغيِّر كثير من أعضاء الموقع إعدادات الخصوصية الخاصة بهم، لكلٍّ من الأخبار التي ترد إليهم من أصدقائهم (هل ترغب فعلا في معرفة كل مواعيد <ماهر> الغرامية؟) والأخبار الصادرة عنهم إلى أصدقائهم (هل ترغب فعلا في إطلاع الجميع على رحلتك التجارية إلى ردموند بولاية واشنطن؟). وبات في وسع المستخدمين أن يتبادلوا الصور ضمن مجموعات خاصة، أو أن يرسلوها إلى الجميع ليروها.

وثمة موقع آخر للتشارك في الصور على الإنترنت، اسمه Flickr، يمكِّن المستخدمين من تحديد المسموح لهم برؤية الصور، لكنْ بطريقة محدودة. (إباحة سر: لقد كنت (مؤلفة المقالة) مستثمرة في الموقع Flickr.) ومن المحتمل أن تصبح أدوات التحكم تلك أكثر دقة. يمكنك الآن، إذا أردت، أن تحدد مجموعة مغلقة للتشارك في الصور معها، ولكن ذلك ليس مماثلا تماما لإمكان إفشاء معلومات منتقاة إلى أصدقاء معينين. فقد ترغب مثلا في إنشاء مجموعتين متقاطعتين من أفراد الأسرة: الأولى تضم أشقاءك وشقيقاتك ووالدتك، وتضم الثانية جميع أشقائك وشقيقاتك إضافة إلى والدك وزوجة والدك، باستثناء والدتك. وقد يرغب أشخاص آخرون في إنشاء مجموعات جزئية أخرى من أفراد الأسرة، كالأب وأطفاله مثلا، دون زوجته الجديدة. إن مجرد وجود تلك المجموعات يمكن أن يستدعي وجود الخصوصية.

كانت خبيرة المدوَّنات ومواقع الشبكات الاجتماعية <دانة بويد> danah boyd (أجل، **بالأحرف الصغيرة**[1])، الباحثة غير المقيمة في مركز بركمان للإنترنت والمجتمع، التابع لجامعة هارڤرد[2]، قد عبَّرت أخيرا تعبيرا جيدا عن رغبة المستخدمين في التحكم تماما في مَن يُسمح لهم بمشاهدة إرسالاتهم والإعلانات التي ترافق تلك الإرسالات. بعبارة أخرى، ليست الإعلانات التي أشاهدها هي المهمة، بل الإعلانات التي يراها أصدقائي في موقع الإنترنت «الخاص بي». فيما يخص <بويد> وكثيرين غيرها، ليست القضية قضية خصوصية بقدر ما هي طريقة لتقديم الذات (طريقة كتابة الاسم في حالة <بويد>). إن الناس يعرفون أنهم غير قادرين على التحكم في كل ما يقوله الآخرون عنهم، لكنهم يتجمهرون حول خدمات مجتمعية في الإنترنت تمكنهم من التحكم في طريقة تقديم أنفسهم إلى الآخرين فيها، إضافة إلى التحكم في تحديد المخوَّلين الاطلاع على ما يعرضونه، وفي ما يمكن أن يطلعوا عليه.

أعتقد أن ذلك النوع من التحكم سوف يتسع ليشمل مفهوم البائعين «الودودين». لقد سُرَّت <ليلى> لأن البائع الذي اشترت منه سترة حمراء مقاسها 42 كان يعرف عاداتها في الشراء، ولكنها لا ترغب في أن يتمكن أصدقاؤها أو حبيبها الحالي أو البائعون الآخرون من الوصول إلى تلك المعلومات. بلا ريب، <ليلى> لا تستطيع التحكم في ما يقوله الآخرون أو يعرفونه عنها. وإذا استمر <قيس> بارتداء السترة الحمراء، حتى بعد فسخ العلاقة بينهما، فقد يلاحظ البعض ذلك، ويتمكن من ضم تلك المعلومة إلى غيرها بطرائق متعددة.

لكن جعل جميع المعلومات متاحة لا يجعل الأمور أبسط أيضا. فهذه الأدوات الاجتماعية الجديدة تجعل الخدمات والأشياء، والحياة والعلاقات، تبدو بالتعقيد التي هي عليه تماما، أو ربما بالتعقيد الذي يهتم أيُّ شخص بكشفه. والواقع هو أنه ليس هناك من حقيقة واحدة، أو قائمة بسيطة بأسماء الأشخاص المخولين معرفة أشياء محددة. فالغموض أمر ثابت في التاريخ والروايات، وفي الحملات السياسية ومفاوضات العقود، وفي ترويج المبيعات، وفي رسائل الشكر والامتنان، فضلا على حالات الطلاق والدعاوى واستقالات الموظفين ودعوات الغداء الفاترة. إن إضافة الإلكترونيات والبرمجيات إلى حياتنا لن تؤدي إلى زوال ذلك الغموض. ■

(*) My Data, Myself

(١) خلافا للتقليد المتبع في اللغات اللاتينية التي تبتدئ الأسماء فيها بحروف كبيرة، تكتب دانة بويد> اسمها بحروف صغيرة: danah boyd.

(١) Harvard University's Berk-man Center for Internet & Society

مراجع للاستزادة

Privacy 2.0: A Design for Living in the Digital Age. Esther Dyson. Broadway Books, 1997.

Ben Franklin's Web Site: Privacy and Curiosity from Plymouth Rock to the Internet. Robert Ellis Smith. Privacy Journal, 2000. **www.privacyjournal.net**

For Esther Dyson's thoughts on disclosure and transparency, visit **www.huffingtonpost.com/esther-dyson**

For more information about the Personal Genome Project, visit **www.personalgenomes.org**

To learn more about the Sunlight Foundation and its tools for transparency, visit **www.sunlightfoundation.com**

Scientific American, September 2008

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

تتمة الصفحة 19 (ما هو النوع؟)

الحياة لا تشكل أنواعا،» ثم يضيف قائلا: «ولابد للمرء هنا أن يقف ويتأمل.»

وقد أشار بعض الباحثين إلى احتمال أن تتفق الميكروبات مع مفهوم النوع البيولوجي ولكن بطريقتها الغريبة والخاصة؛ إذ إن الميكروبات لا تتزاوج كما تفعل الحيوانات، ولكنها تتبادل الجينات فيما بينها. فالڤيروسات يمكنها أن تحمل جينات من عائل بكتيري إلى آخر، أو يمكن للبكتيرات ببساطة أن تلتهم دنا عاريا، فيندس بعد ذلك داخل **جينومها** genome. وهناك بعض الأدلة التي تشير إلى أن السلالات ذات القرابة القوية تتبادل الجينات بشكل أكبر مما تفعله السلالات البعيدة القرابة ـ وهذا يمثل الشكل الميكروبي للحواجز الموجودة بين أنواع الحيوانات.

ولكنّ المنتقدين أشاروا إلى وجود إشكالات مرتبطة بهذه المقابلة. فعلى الرغم من أن الحيوانات والنباتات يمكنها تبادل الجينات في كل مرة تقوم فيها بعملية التكاثر، إلا أن الميكروبات نادرا ما تقوم بذلك. وهي عندما تقوم بتبادل الجينات، فإنها تفعل ذلك بمستوى **اختلاطي «غير شرعي»** promiscuity لافت. فهي يمكنها أن تكتسب عبر ملايين السنين العديد من الجينات، ليس فقط من الميكروبات ذات صلة القربى الوثيقة بها وإنما من ميكروبات أخرى تنتمي إلى **عوالم** kingdoms مختلفة كليا عن عالمها. إن هذا الخلط الجيني هو من الضخامة بحيث يمكن تشبيهه كما لو أن الجينوم البشري ضم في مكوناته مئات الجينات التي تعود إلى الحريشة (أم **أربع وأربعين** centipede) و**شجر البتولا** birch trees و**فُطر الكمأة** truffles. ويؤكد المنتقدون أن هذا الانسياب الكبير للجينات ينسف أي مفهوم للنوع عند الميكروبات. ويقول <F.W. دوليتل> [من جامعة دالهوسي في نوڤا سكوتيا]: «أعتقد أن **مفهوم النوع هو ضرب من الوهم**[1]».

ولكن بعض الباحثين يأخذ موضوع النوع عند الميكروبات بجدية أكبر. إنهم يؤكدون أن الميكروبات، شأنها شأن الحيوانات الدوّارة، ليست مجرد تنوع غير واضح المعالم فحسب، وإنما هي تجمعات تكيفت لتلائم خانات بيئية محددة. ويحافظ الاصطفاء (الانتخاب) الطبيعي على هذه التجمعات من فقدان معالمها وخواصها من خلال تفضيله طفرات جديدة أكثر تكيفا مع خاناتها البيئية. ويقول <F. كوهان> [من جامعة ويزليان] «هناك فقط خط نَسَبي صغير هو الذي يستمر في التقدم إلى الأمام،» ويضيف <كوهان>: «إن هذا الخطّ الصغير هو النوع.»

وقد وجد <كوهان> وزملاؤه هذه الأنواع الميكروبية في الينابيع الحارة الموجودة في مُتنزه يلوستون الوطني Yellowstone National park. وتشكل هذه الميكروبات تجمعات جينية وتجمعات بيئية، وتعيش كل مجموعة متقاربة جينيا من هذه الميكروبات في خانة محددة من الينابيع الحارة ـ ذات درجة حرارة محددة مثلا، أو تتطلب كمية محددة من أشعة الشمس. يقول <كوهان> «إن هذا جميل جدا.» وهذا الدليل يُعد بالنسبة إليه كافيا لتبرير إطلاق اسم النوع على مجموعة من الميكروبات. وهو يقوم الآن مع مساعديه بترجمة تجاربهم إلى مجموعة من القواعد التي يأملون أن يتبعها الآخرون في تسمية أنواع جديدة. ويؤكد <كوهان> «لقد قررنا أنه علينا المضي أبعد من مجرد تنبيه الآخرين.»

ومن المحتمل أن تؤدي القواعد الجديدة إلى تقسيم العلماء عددا من الأنواع الميكروبية المعروفة تقليديا إلى العديد من الأنواع الجديدة. ومن أجل تجنب الإرباك، لا يريد <كوهان> أن يتقدم بأسماء جديدة كليا. بدلا من ذلك هو يريد إضافة اسم لاحق **إيكوڤار** ecovar في نهاية اسم النوع (الاسم اللاحق ecovar هو دمج لكلمتي ecological variant أي «طراز بيئي مغاير»). فالسلالة البكتيرية التي سببت أول جائحة مسجلة من **مرض ليجيونيرز** Legionnairs' disease في فيلادلفيا، على سبيل المثال، يجب أن تسمى وفقا لهذه القاعدة *Legionella pneumophila ecovar Philadelphia*[2].

ويقول <كوهان>: «إن فهم طبيعة الأنواع الميكروبية يمكن أن يساعد العاملين في مجال الصحة العامة على تحضير أنفسهم لمواجهة ظهور أمراض غريبة في المستقبل. وغالبا ما تنشأ البكتيرات المُمْرضة عن تطور ميكروبات عديمة الضرر نسبيا تعيش بهدوء داخل عوائلها. وقد تستغرق هذه المتعضيات عقودا من التطور قبل أن تتسبب في ظهور وباء على درجة من الاتساع تكفي للفت أنظار العاملين في الصحة العامة إلى وجوده. إن تصنيف هذه الأنواع الجديدة قد يمكنهم من توقع ظهور الأوبئة ويعطيهم وقتا كافيا لتحضير استجابة مناسبة للتعامل مع هذه الأوبئة. ويبدو أنّ أهمية إيجاد حل للغز النوع لا تقتصر على فهم تاريخ الحياة فقط أو من أجل الحفاظ على التنوع البيولوجي ـ بل إن جودة حياتنا وطيبها قد يعتمدان عليه. ■

(١) ويعرف أصحاب هذا الرأي بـ«الأسمائيون» nominalists، أي إنهم يعتبرون الأنواع مجرد أسماء تطلق على غير أساس علمي حقيقي.

(٢) للبكتيرات قانون للتسمية العلمية مستقل عن قانون التسمية الحيوانية وعن قانون التسمية النباتية كليهما. (التحرير)

مراجع للاستزادة

Evolution: The Triumph of an Idea. Carl Zimmer. HarperCollins, 2006.

What Evolution Is. Ernst Mayr. Basic Books, 2001.

Speciation. Jerry A. Coyne and H. Allen Orr. Sinauer Associates, 2004

Understanding Evolution: Your One-Stop Source for Information on Evolution. A Web site created by the University of California Museum of Paleontology: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/home.php

Scientific American, June 2008

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

حوار حول تحسين أمن معلومات الإنترنت(*)

من أجل الحماية ضد هجمات مخترقي الإنترنت المتزايدة عددا وتعقيدا، يدعو محترفو الأمن إلى تقانة محدَّثة وإلى إعطاء العوامل الإنسانية والقانونية اهتماما أكبر.

تقول **الحكمة الرومانية القديمة**(١): من يراقب المراقبين؟ لكن مُنتجي أنظمة الأمن الذين يتصدون لحماية أنظمة شبكات المعلومات الحالية يخضعون لتدقيق شديد من منافسيهم وزبائنهم ومن مخترقي الإنترنت، وعلى نحو متزايد من الحكومات القلقة على أمنها القومي. لذا ناقش رئيس تحرير مجلة *ساينتفيك أمريكان*، <د. رنِّي>، في الشهر 2008/5 مع ممثلي شركات صناعة أمن المعلومات، ومع ممثلي بعض الصناعات التي تعتمد على الحماية التي توفرها تلك الشركات، التحديات التي سوف تعترضهم. والنص التالي يمثل نسخة منقحة لأهم النقاط التي تم الاتفاق عليها. ويمكن للراغبين في الاطلاع على النسخة الكاملة الرجوع إلى الموقع: www.SciAm.com/sep2008

محررو ساينتفيك أمريكان

من المسؤول؟(**)

لقد اتفق المتحاورون على أولويات محدَّدة للحفاظ على أمن المعلومات وتدعيمه، وكان بعضها تقانيا، لكن أطر العمل التنظيمية والقانونية كانت شديدة الأهمية أيضا.

دِفِّي: إن أهم تأثير في تلك الأشياء خلال العقد القادم سوف يأتي من خدمات الويب وما أدعوه **بالتعهيد الرقمي**(٢). إننا سوف نجد أنفسنا في عالم يوفِّر الآخرون فيه ملايين الخدمات الحاسوبية على نحو أفضل مما تستطيع أنت فعله لنفسك. وبعد عشرة أعوام من الآن، سوف تنظر حولك لترى أن ما نسميه اليوم **حوسبة** computing آمنة قد اختفى من الوجود. لذا، فإن ما سوف يكون ضروريا هو إطار عمل قانوني يُلزم المتعهدين بحماية أمن المعلومات. لكنهم لن يستطيعوا تنفيذ ما يُلزمون به ما لم يتم تطوير آلية تقانيّة تمكِّنهم من حماية تلك المعلومات.

كلّيلاند: نعم، لكنْ إذا نظرت إلى الكيفية التي يستخدم بها الزبائن تقانة الأمن اليوم فعلا، لوجدت أنهم متخلفون جدا مقارنة بما يمكنها فعله. ليست تلك هي المشكلة الآن، بل كيف نجعل هذه التقانة عملية، بحيث يستطيع الزبائن فعلا معالجة قضايا خصوصياتهم الذاتية وعمليات التدقيق الخاصة بهم، وإدارة حماية بياناتهم بأنفسهم طبقا للمعايير، وهذا ما لا يفعلونه اليوم عادة.

لِينَر: فيما يخص **الزبائن المنتِجين**(٣)، أنت تحتاج إلى نوع من الأشياء التي يتحدث عنها الكبير والصغير، أي إلى ضمانات عمَّا سوف يُفعل بمعلوماتك وإلى طرق وصف وضع القيود عليها..إلخ. أما بالنسبة إلى المستهلكين، فأنت تحتاج إلى بيئة فاعلة يثقون بها، وذلك لأن كثيرا من نمو الإنترنت ونمو الأعمال التجارية فيها يقوم على ثقة المستهلك. إن علينا زيادة تلك الثقة وضمان أنها معقولة.

كلّيلاند: إن التوازن المهم الذي علينا التفكير به هو كيف نُمكِّن هيئات الأعمال من الاستمرار بالتشارك في المعلومات بأقصى سرعة ممكنة، بحيث تستطيع اتخاذ قرارات جيدة، وفي الوقت نفسه، جعل ذاك التشارك بسيطا؟

العنصر البشري الخطر(***)

يمكن للمستخدمين أنفسهم أن يكونوا نقطة ضعف أنظمة الأمن، بسبب إمكان خطئهم، وليلهم (وإنْ كان من دون عمد) إلى مقايضة أمن البيانات بسهولة الاستخدام. لذا، من واجب التقانة التعويض عن أخطاء المستخدمين المحتملة.

(*) IMPROVING ONLINE SECURITY

(**) Who Is Responsible?

(***) The Dangerous Human Element

(١) QUIS CUSTODIET IPSOS CUSTODES؟، قول مأثور للشاعر الروماني Juvenal في نهاية القرن الأول وبداية القرن الثاني الميلاديين.

(٢) digital outsourcing، أي قيام شركات أخرى بتعهُّد العمل لمصلحة الشركة الأساسية.

(٣) business customers، هم زبائن يشترون منتجات أو خدمات لاستخدامها في منتجاتهم. ونظرا إلى أن هؤلاء الزبائن هم عمومًا هيئات وليسوا أفرادا، فإنهم يمثلون شراة عددهم قليل ومشترياتهم كثيرة. (التحرير)

المشاركون في الحوار

<R. أبيانكر>
مدير إدارة المنتجات في الشركة McAfee Avert Labs.

<W. دِفِّي>
نائب الرئيس وكبير موظفي الأمن في الشركة Sun Microsystems.

<A. كلّيلاند>
نائب الرئيس لإدارة المنتجات في الشركة Symantec.

<P. هايم>
كبير موظفي أمن المعلومات في الشركة Kaiser Permanente.

<J. لاندوير>
مدير قسم حلول واستراتيجية الأمن في الشركة Adobe Systems.

<S. لِينر>
مدير قسم استراتيجية هندسة الأمن في الشركة Microsoft.

<M. سادلر>
مدير مختبرات أمن النظم في الشركة Hewiett-Packard.

<R. شرستوبيتوف>
مدير عام فرع الشركة Panda Security في الولايات المتحدة.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

هايم: علينا ألاّ نقلّل من شأن العنصر البشري. أنا أشبِّه الأمر بقيادة السيارة. إن سبب وجود ضوابط كرخصة القيادة هو كي يكون لدى الناس فهم أساسي على الأقل، لقواعد القيادة في الطرقات ولكيفية قيادة السيارة بأمان، بحيث يُمكن تقليل تلك الأخطار. ولا أعتقد أن هناك توعية تربوية كافية للمستخدمين النهائيين بخصوص استخدام أنظمتهم استخداما آمنا. وأنا لا أفترض بالضرورة أنهم يحتاجون إلى «رخصة قيادة معلوماتية»، لكن كما تعلمون، لن تكون تلك فكرة سيئة، لأن الكثير من المشكلات التي نلاحظها هي بطبيعتها سلوكية.

دفِّي: ألا ترى أن تلك قد تكون فكرة شديدة البشاعة. إن **فضاء المعلوماتية**(١) هو عالم المستقبل. وإذا لم يكن لديك حق في أن تكون فيه، فلن يكون ثمة مجتمع حر.

أبيانكر: إن العنصر البشري شيء لا يمكن إهماله. لقد احتفلنا حديثا بالذكرى الثلاثين لميلاد **السپام**(٢)، ومازال البريد الإلكتروني يُستغل استغلالا سيئا. وثمة نقطة ضعف قاتمة في تقانة المعلومات، فمعدل الابتكارات التي يقوم بها الأشخاص الأشرار وتقانات **الهندسة الاجتماعية**(٣) التي يمتلكونها لسرقة بياناتك، متقدمة جدا عما لدى الأشخاص الطيبين. وهذا شيء لا يمكن للتقانة وحدها أن تحله.

گليلاند: إذا نظرت إلى الأبحاث التي قمنا وما زلنا نقوم بها، لرأيت أن 98 في المئة من حالات فقدان البيانات تنجم عن أخطاء بشرية وعن تعطُّل معالجة البيانات. إننا، بوصفنا عاملين في صناعة الأمن، سوف نكافح دائما الأشخاص الأشرار. لكن هؤلاء أقل شأنا في مشكلة ضياع البيانات. فالمقدرة على سرقة المعلومات سوف تكون دائما وسيلة للارتزاق لدى بعضهم، وليس بوسعك محاربتهم جميعا مئة في المئة. لكننا نستطيع أن نوقف نسبة كبيرة من الضياعات الناتجة من أخطاء البشر والمعالجة.

هايم: وفق ما نراه يوميا، إذا لم تتمكن مؤسسات تقانة الأمن نفسها من استباق توقعات احتياجات المستخدمين، فإنهم سوف يتمكنون، في كثير من الحالات، من إنجاز أعمالهم باستخدام تقانات **ذات مستوى متدنٍّ**(٤).

شِرستوبيتوف: هذا صحيح. فلا يمكننا الحفاظ على معلوماتك آمنة إذا كنت سترسلها بالبريد الإلكتروني (Gmail) من مكتبك إلى منزلك لتتمكن من متابعة العمل في البيت.

هايم: من دون ريب، إذا لم يؤهَّل الناس لاستخدام تقانة أمن المعلومات، فإنهم سيستعيضون عنها بتقانات استهلاكية (متدنية المستوى الأمني)، كاستخدام **موجِّه نفاذ لاسلكي**(٥)، أو نسخ البيانات لوضعها في وحدات **ذاكرة لامتلاشية**(٦). هناك تحديات تقانية، لكنْ ثمة تحديات تخص الاقتصاد أيضا. ما هو المطلوب لصنع تقانة المعلومات صنعا صحيحا؟ المطلوب هو جعلها آمنة وعلى نحو يمكِّن الناس من تنفيذ أعمالهم من دون الحاجة إلى استخدام طرائق ملتوية؟

دفِّي: باختصار، النقص في المزايا غالبا ما يمثل مشكلة أمنية. إذا كان النظام لا يوفِّر لك المقدرة على القيام بما تريد القيام به على نحو آمن، فإنك سوف تفعل ما تريد فعله في جميع الأحوال.

اقتصاديات الاختراق الحديث(*)

لم يعد الاختراق حكرا على المبرمجين الفضوليين أو الضجرين. فإنتاج البرمجيات الخبيثة صار الآن مهنة، وهذه الحقيقة تغيِّر جذريا من طبيعة التحدي.

أبيانكر: لقد صار النموذج الاقتصادي للاختراق راسخا جدا إلى حد أنه لو كان قانونيا وكنت **مموِّلا مؤسِّسا**(٧) ترغب في الاستثمار في هذا العمل، لدرَّ عليك عوائد جيدة، أليس كذلك؟ إن تكلفة إرسال البريد الإلكتروني الخبيث مستمرة بالانخفاض. وإمكان إخفاء الهوية في الشبكة يزيد من صعوبة ملاحقة الأشرار ومقاضاتهم قانونيا.

شِرستوبيتوف: ثمة كثير من الأنشطة التي لا يقوم بها المخترقون الأصليون أنفسهم، بل يستخدمون أشخاصا وسطاء لأدائها. عندما تستقصي الأمر فعلا، فإنك سوف تصل في النهاية إلى أفراد، يسمونهم «بغالا»، لا يُدركون أو يعلمون أنهم قد وقعوا ضحايا ذلك المخطَّط الخبيث. إننا نرى هذه النتيجة كازدياد مفاجئ في عدد المواقع التي تقول: «لدينا عمل جيد لك، اكسب 1000 دولار في الأسبوع!» إن سلطات فرض القانون لا تستطيع

(*) The Economics of Modern Hacking

(١) Cyberspace

(٢) spam سپام تعريب لهذا المصطلح ويعني البريد الإلكتروني غير المرغوب فيه.

(٣) social engineering. الهندسة الاجتماعية هي فن الاحتيال على الناس لجعلهم يفشون أسرارهم بإرادتهم.

(٤) consumer-grade أو ذات سوية استهلاكية.

(٥) wireless access router

(٦) flash-memory، أي ما يُعرَف بذاكرة الـUSB.

(٧) venture capitalist. المموِّل المؤسِّس هو شخص يستثمر في شركة جديدة مُستحدَثة، مقابل تخصيصه بحصة في الشركة، من دون أن يشارك في أعمالها. (التحرير)

<R. أبيانكر>
الشركة McAfee

<R. شرستوبيتوف>
الشركة Panda Security

<J. لاندوير>
الشركة Adobe Systems

<A. كليلاند>
الشركة Symantec

<P. هايم>
الشركة Kaiser Permanente

<M. سادلر>
الشركة Hewiett-Packard

<S. لينر>
الشركة Microsoft

<W. دِفِّي>
الشركة Sun Microsystems

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الوصول إلى المخترق الذي كتب البرمجيات الخبيثة، لأن المخترق أو المهاجم يكون قد اختفى. والمخترقون لا يقومون بتنفيذ الهجوم بأنفسهم، بل يبيعون برمجياتهم. وهناك اقتصاد خفي قائم على بيع هذه الأعمال، ويمكنك الآن أن تشتري شيئا منها بـ1200 دولار وتصبح مجرماً إلكترونيا.

سادلر: نعم، بافتراض أننا جميعا نفهم مدى التطوُّر الذي أصبح المخترقون عليه، ما هو مستوى التعاون الذي تعتقد أن علينا تطبيقه؟ من حيث الجوهر، مازلنا جميعا نتنافس ونحن متفرقون، في حين أن الأشرار منظمون. وهناك كثير من الشواهد على أن تلك العناصر الإجرامية المختلفة المنظمة تتَّجر فيما بينها فعلا بتلك الأشياء. أما نحن، فنفتقر إلى هذا المستوى من التعاون فيما بيننا.

شرستوبيتوف: لذا، أنا أدعم هنا نهج **المسوِّق المستقل**(١). فتطويق هذا الخطر لا يقتضي نهجا تقانيا فحسب، بل استجابةً تشاركٍ مجتمعية أيضا، إضافة إلى عمل مشترك لمختبرات الأبحاث فيما حصلت عليه. إن عينات البرمجيات الخبيثة في مختبراتنا لا تأتي كلها عمليا من زبائننا، بل نحن نحصل عليها من آخرين في صناعة البرمجيات. وفي المقام الأول، نحن لسنا متنافسين ألدَّة، فالمشكلة عامة، وعلى صناعة تقانة المعلومات بأسرها أن تواجهها.

تأهيل أفضل، أم تصميم أفضل؟(*)

لعلَّه من المفاجئ أن المتحاورين قد توقعوا، على وجه العموم، بعض التحسينات الدائمة في أمن البيانات، من خلال تأهيل أفضل للمستخدمين النهائيين، فطبيعة المهدِّدات تتغير بسرعة كبيرة.

لِينَر: علينا أن نخلِّص المستخدم النهائي من عبء تعقيدات التأهيل، والوصول به إلى حيث تكون التقانة مجرد مساعد له ليكون آمنا، من دون أن ترهقه وتُقلِّل من إنتاجيته. إن كثيرا من أعمال بناء النظم الآمنة يدور حول خبرة المستخدم. وأعتقد أن هذا لم يلقَ اهتماما كافيا من قبل الصناعة.

سادلر: أعتقد أن علينا ألا نهتم بالتأهيل البتة. ففقط التأهيل بأشد المواضيع عمومية هو الذي سوف يدوم أكثر من ستة أشهر. فإذا اطلعت على كثير من برامج التأهيل في العالم، فستجد أنها قصيرة الأجل فيما تعلِّم الناس فعله. خذ، على سبيل المثال، آخر إصدار من برمجيات مكافحة الفيروسات، أو شيئا من هذا القبيل.

هايم: إذا عرف الناس فعلا عواقب إرساء ذلك **البرنامج المجاني الحافظ للشاشة**(٢)، فإن ما يقولونه من حيث الجوهر هو: «أنا أثق بمطور هذه الأداة الصغيرة التي لا تعيق ولوجي الكامل إلى نظامي وبياناتي» - فإن ذلك قد يغير طريقة سلوكهم على الويب.

سادلر: مع ذلك، أعتقد أن ثمة جوابا. أنت تدرب الأطفال الصغار، عندما يخرجون من البيت، على الحذر من الجيران: «هؤلاء الجيران هم من النوع المأمون، وأولئك غير مأمونين.» والمكافئ على الويب الآن، هو أننا نخرج مع حسابنا المصرفي برمته إلى أقل الجيران موثوقية، ونفاجَأ بعدئذ عندما تُغتصب أموالنا. لذا يجب أن يكون هناك فصل بين الاهتمامات. عليك تمكين الناس من أن يكونوا قادرين على تحميل أحدث حافظات الشاشة، لكنْ في ذلك الجزء من بيئتهم الذي لا يؤثر في حساباتهم المصرفية.

المكافئ على الويب الآن هو أننا نخرج مع حسابنا المصرفي برمته إلى أقل الجيران موثوقية، ونفاجَأ بعدئذ عندما تُغتصب أموالنا.

<M. سادلر>

هايم: لكن عندما تتعامل مع بنى تحتية كبيرة، عليك أن تكون قادرا على تطبيق الإصدارات الجديدة بسرعة، وعلى الحفاظ على استقرار بيئتك. وليس من الواضح دائما أنه إذا استخدمت برمجيات أمن فإن نظامك لن ينهار.

گليلاند: أنا أوافق على أنه يجب ألا تكون ثمة شهادة، كرخصة قيادة السيارة، لاستخدام الإنترنت. لكنْ لماذا لا يكون لدينا تأهيل أساسي للمستخدم النهائي عندما يبدأ العمل لدى شركة؟ «هذا حاسوبك المحمول، وهذا مساعدك الإلكتروني الشخصي، وأنا سوف أعلِّمك مبادئ الأمن التي وضعتها الشركة Symantec.»

سادلر: كم من الوقت سوف تدوم هذه المبادئ، وفقا لرأيك؟

گليلاند: يمكن للمبادئ أن تدوم طويلا.

دفِّي: هذا يعتمد على ماهية المبادئ.

گليلاند: «لا تفتح بريدًا إلكترونيا أو ملحقاته الواردة من شخص لا تعرفه.»

دفِّي: تلك قاعدة ميؤوس منها.

لِينَر: الطريقة الوحيدة لمعالجة الموضوع هي

(*) Better Education? Or Better Design?

(١) vendor-agnostic. بائع أو مسوِّق مستقل غير مرتبط بمنتج أو شركة محدَّدة.

(٢) free screen-saver. هو برنامج يدَّعي حماية شاشة الحاسوب، في حين أنه يؤدي دور فيروس يخترق معلومات المستخدم المصرفية الموجودة في الحاسوب، ومن ثمَّ يخترق حسابه المصرفي. (التحرير)

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

استخدام تقانات الأمن والاستيقان[1] الأساسية. أنت تعطي المستخدمين الخيار، لكنْ عليهم أن يَعلموا أن هناك فئات من الأشياء الآمنة، سواء أكانت مواقع ويب Web أم ملحقات أم برامج تنفيذية. فإذا قلت للمستخدم: «يجب أن تقرأ الكود، أو عليك تفسير مؤطِّرات الحوار SSL»[2] فإن ذلك صعب جدا. فيما يخص المستخدمين النهائيين، عليك تزويدهم ببنية استيقان تمكنهم من معرفة الذين يتعاملون معهم.

گليلاند: لكن المستخدمين النهائيين سوف يخرقون مبادئ الثقة، إذا سنحت لهم الفرصة وإذا لم يتلقوا قدرا معينا من التأهيل، حتى وإن ظهر تحذير يقول: «انتبه: يبدو أن هذا الموقع خطر!» في حين أن الموقع يقول: «انقر هنا لترى **بريتني سپيرز**[3] عارية»، فإنهم سينقرون الزر. إن أكثر أنواع نشر القيروسات فاعلية هو دائما الهندسة الاجتماعية.

لاندوير: ألا توجد طريقة أخرى يمكن اتباعها لحل هذه المشكلة؟ بدلا من التركيز على تأهيل المستخدمين للتعامل مع البرمجيات الخبيثة، يمكننا تغيير قواعد اللعبة مع المهاجمين، بحيث يقل اهتمامهم بمهاجمة حواسيبنا، لأننا نحمي المعلومات التي فيها حماية أفضل. حينئذ، إذا سرق أحدهم الملفات الموجودة على القرص، وجدها **معمَّاة**[4]. وإذا أرسل شخص بريدا إلكترونيا معمًّى، وذهب ذلك البريد إلى شخص يجب ألا يذهب إليه، فإنه لا يملك المفتاح لفتحه.

شرستوبيتوف: موافق. في المجتمع المالي، تقرَّر تطوير **الاستيقان بين المنظومات**[5] (استيقان مشترَك عبر منظومتين مستقلتين، من قبيل الاستيقان بين حاسوب ضمن شبكة وبين هاتف خلوي). وبعض كبار التجار يستخدمون تجهيزات استيقان من قبيل المفاتيح الذكية، و**بطاقات الـRS**[6]. ويضع بعض أفراد المجتمع المالي كواشف شذوذات في **الأطراف الخلفية**[7] لتجهيزاتهم لكشف المعلومات المشبوهة وأمكنتها. في الواقع، تقوم المؤسسات المالية بتكييف تقاناتها وآليات الاستيقان لديها على نحو يُحبط المهاجمين من الأساس.

لاندوير: ثمة كثير من الأنشطة الخاصة بالبطاقات الذكية. لقد حصلتُ على بطاقة تعريفي الذكية هذه، وهي البطاقة نفسها التي أستعملها عند دخولي الأبنية التي نملكها في أنحاء العالم، لكنها تحتوي أيضا على ثبوتيات لي تقوم على **البنية التحتية للمفتاح العلني PKI**[8]، يمكنني استعمالها للدخول إلى التطبيقات، ولتعمية وثائق الأعمال والتوقيع رقميا على **استمارات الـPDF**[9] وتحتوي أيضا على **رقم تعريف شخصي PIN**[10] كما في بطاقة الصراف الآلي. إذا سُرِقَت البطاقة مني، أمكنك القيام بمحاولتين لتخمين رقم تعريفي الشخصي، وتتوقف البطاقة عن العمل بعدئذ.

المنظور الدولي[*]

تتفاوت رؤى الدول لأمن البيانات وخصوصيتها تفاوتا كبيرا. وتُعتبَر الولايات المتحدة الأمريكية، من نواح كثيرة، متلكئة في معالجة التهديدات المتصاعدة.

سادلر: أعتقد أن ثمة جهودا تُبذل في فرنسا وألمانيا وبريطانيا لتأهيل الشركات الصغيرة أكبر مما تبذله الولايات المتحدة. وعلى الرغم من تحفُّظي على التأهيل، أعتقد أنه قد يكون على الولايات المتحدة القيام ببعض التأهيل الأساسي للشركات الصغيرة فيها. وهناك أيضا حوار بين المجتمع الأكاديمي والوكالات الحكومية وصناعة أمن المعلومات في أوروبا، وخاصة في بريطانيا وألمانيا، أفضل مما هو موجود في الولايات المتحدة. لا أظن أن الولايات المتحدة تُبدي أي قدر كاف من الاهتمام بالحوار العام بين أولئك الفرقاء.

شرستوبيتوف: نحن نرى الآن ظهور فرق مهمات خاصة في أوروبا مخصصة لمكافحة الجريمة المعلوماتية. إنهم يأخذون المبادرة باكرا جدا. لكنْ، بناء على محادثاتنا مع مكتب التحقيقات الاتحادي، لا توجد حتى الآن في هذا البلد مبادرة من ذلك النوع.

لِينر: نظرا إلى وجود استخدامات وأغراض قومية مختلفة خاصة بكل من أوروبا والحكومة الأمريكية، فإن ثمة حاجة إلى معايير إضافية. وأعتقد أنها يجب أن تكون دولية.

گليلاند: من الواضح أن ثمة كمًّا كبيرا من تشريعات الخصوصية المختلفة التي توضع في أوروبا. والشركات تحاول وضع تصوُّر لكيفية التزامها سيرورة ما أو سياسة ما، تمكِّنها من اتباع أكبر قدر ممكن من تلك القواعد. هذا هو التحدي الذي لم نعطِه الوقت الكافي للحديث عنه. كيف يُثبت الناس والشركات، الذين يحاولون الالتزام بتشريعات الخصوصية، أنهم يفعلون ذلك؟ ■

«إننا نستطيع تغيير قواعد اللعب مع المهاجمين بحيث يصبحون أقل اهتماما بمهاجمة حواسيبنا».

<ل. لاندوير>

هناك نسخة كاملة لهذا الحوار على الإنترنت: www.SciAm.com/sep2008

(*) The International Perspective

(١) authentication. الاستيقان هو تقانة تقوم على التوقيع الرقمي للتيقُّن من هوية المُرسل إلكترونيا.

(٢) Secure Socket Layer (SSL). مقبَس (مُعيَّن) لخدمة خاصة في عقدة معينة في الشبكة) لإقامة قناة اتصال أمينة تمنع اعتراض المعلومات الحساسة كأرقام بطاقات الائتمان، وتُستخدم فيه التعمية بالمفتاح العلني لتحقيق ذلك الغرض.

(٣) Britney Spears. مغنية أمريكية شهيرة.

(٤) encrypted. ويقال أيضا مشفرة.

(٥) out-of-band authentication

(٦) بطاقات تستخدم خوارزمية التعمية بالمفتاح العلني الشهيرة RSA التي صمَّمها Adelman - Shamir - Rivest، والتي تقوم على صعوبة تحليل الأعداد الأولية الكبيرة إلى عوامل أولية.

(٧) back end **الطرف الخلفي** لتطبيق أو سيرورة ما (برنامج أو خدمة) هو جزؤها الذي ليس على تماس مباشر مع المستخدم، وهو النظير الآخر **للطرف الأمامي** front end المسؤول عن تجميع بيانات الدخل بأشكالها المختلفة من المستخدم ومعالجتها لتصبح ملائمة لمتطلبات الطرف الخلفي. وفي حالة البطاقة الذكية، مثلا، فإن الطرف الخلفي هو واجهة التخاطب بين البطاقة وقارئ البطاقة.

(٨) Public-Key Infrastructure

(٩) تُوقَّع وثائق الـPDF (المكتوبة بواسطة المحرر Acrobat) بغية حمايتها من التغيير أو النسخ.

(١٠) Personal Identification Number

(التحرير)

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

لا للحراثة: الثورة الهادئة(*)

إن الممارسة الموغلة في القدم والمتمثلة في قلب التربة قبل زراعتها بمحصول جديد هي سبب رئيسي في تدهور الأرض الصالحة للزراعة. ولذلك يتطلع العديد من المزارعين إلى جعل الحراثة شيئا من الماضي.

<D. R. هگنز> ـ <J. P. ريگانولد>

يقلب <J. إيستشلمان> بمجرفة الطبقة السطحية من مزرعته التي مساحتها 4000 إيكر في منطقة پالوس شرقي ولاية واشنطن؛ فتتفتت هذه التربة السوداء بسهولة كاشفة عن بنية مسامية ووفرة من المادة العضوية التي تسهل نمو الجذور، وعن عدد وافر من ديدان الأرض أيضا ـ وهذه علامة صحية أخرى.

وقبل 34 عاما لم يكن يظهر على المجرفة من هذه التربة إلا عدد قليل من هذه الديدان، إن لم يكن معدوما. وقد كان <إيستشلمان> قبيل ذلك يحرث حقوله قبل كل زراعة، ويطمر بقايا المحصول السابق مجهزًا الأرض للمحصول القادم. وقد زرعت منطقة پالوس الكثيرة التلال بهذه الطريقة لعدة عقود. ولكن كانت الحراثة تأخذ ضريبة من منطقة پالوس، حيث كانت تربتها الخصبة الشهيرة تتعرى بمعدل خطير. ومع قناعة <إيستشلمان> بوجود طريقة أفضل للتعامل مع التربة، فقد قرر أن يجرب في عام 1974 الطريقة البازغة المعروفة بالزراعة من دون حراثة.

يحرث معظم المزارعين في العالم أراضيهم استعدادا لبذر المحاصيل. إن ممارسة قلب التربة قبل الزراعة تطمر بقايا المحصول والسماد الحيواني والأعشاب المزعجة، إضافة إلى تهوية التربة وتدفئتها. ولكن تجريد التربة وتخريبها بهذه الطريقة يجعلانها معرضة للتعرية والانجراف بوساطة الرياح والمياه. وتُعدُّ الحراثة سببا أساسيا في تدهور الأراضي الزراعية ـ وهذه واحدة من أهم المشكلات البيئية الخطيرة على امتداد العالم ـ مما يهدد إنتاج الغذاء والحياة الريفية، وبخاصة في المناطق الفقيرة الكثيفة السكان في العالم النامي [*انظر المؤطر في الصفحة 46*]. في نهاية السبعينات من القرن الماضي، كانت تعرية التربة قد أزاحت 100% من التربة السطحية لـ10% من أراضي المحاصيل الزراعية في پالوس، هذا إضافة إلى إزاحة 25 إلى 75% من التربة السطحية لـ60% أخرى من تلك الأراضي. وإضافة إلى ذلك، فإن الحراثة يمكن أن تفاقم انجراف الرواسب والأسمدة والمبيدات إلى الأنهار والبحيرات والمحيطات. وعلى النقيض من ذلك، تهدف الزراعة من دون حراثة إلى جعل تخريب التربة في حده الأدنى. ويترك ممارسوها بقايا المحصول في الحقول بعد الحصاد، حيث تقوم بدور **مهاد** mulch يحمي التربة من التعرية ويزيد إنتاجيتها. ويستعمل المزارعون في زراعة البذار بذّارات مصممة خصيصا لتخترق هذه البقايا إلى التربة غير المخربة، حيث يمكن للبذور عندها أن تنتش وتُظهر إلى السطح محصولا جديدا.

لقد توسعت الزراعة بهدف إطعام الأعداد المتزايدة من البشر، ونتج من ذلك تأثير كبير في البيئة وصحة الإنسان والتنوع الحيوي. ولكن ندرك الآن ـ آخذين في الاعتبار معرفتنا بالقدرة الاستيعابية للكرة الأرضية ـ أن إنتاج ما يكفي من الغذاء حاليا ليس بكافٍ، حيث يجب أن يتم ذلك بشكل مستدام أيضا. فالمزارعون يحتاجون إلى أن ينتجوا محاصيل ملائمة ذات نوعية عالية، وأن يحفظوا الموارد الطبيعية للأجيال القادمة، وأن يحصلوا على تمويل كافٍ للبقاء، وأن ينصفوا عمالَهم ومجتمعهم [انظر: «*الزراعة المستدامة*»، **العلوم**، العدد 8 (1992)، ص 14]. ويمتلك نظام عدم الحراثة إمكانية تحقيق هذه الرؤية لزراعة أكثر استدامة. وكما هو الحال في أي نظام جديد، هناك سلبيات لنظام عدم الحراثة. ومع ذلك، فإن مزارعين في بعض أجزاء من العالم يهجرون محاريثهم بشكل متزايد.

مفاهيم مفتاحية

- الزراعة التقليدية المعتمدة على الحراثة تترك التربة معرضة للتعرية وتسهم في التدهور الزراعي.
- يتحول المزارعون في بعض أجزاء العالم إلى أسلوب الاستدامة المعروف «بعدم الحراثة» الذي يجعل تخريب التربة في حده الأدنى.
- إن التكلفة المرتفعة للتجهيزات وتدني مستوى التعلّم هما من بين عوامل أخرى تحد من تبني ممارسات عدم الحراثة وانتشارها.

محررو ساينتفيك أمريكان

مستقبل الحراثة(**)

استخدم الناس طريقتي الحراثة وعدمها لإنتاج الغذاء من الأرض منذ بداية تنمية محاصيلهم

(*) NO-TILL: THE QUIET REVOLUTION
(**) Plowing Ahead

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الخاصة، وذلك منذ حوالي 10 000 عام. وعند التحول من الصيد وجمع الغذاء إلى تنمية المحاصيل، زرع أسلافنا من العصر الحجري الحديث قطعا من الحدائق حول مساكنهم وبحثوا عن الأغذية الأخرى في البرية. وأنجز بعضهم الصورة الأقدم لأسلوب عدم الحراثة بعمل حُفر في التربة بواسطة عصا وإلقاء البذور في كل حفرة ثم تغطيتها بالتربة. كما شق آخرون الأرض بعصا لوضع البذور تحت السطح، وهذا شكل أولي من الحراثة. ولا يزال الآلاف من مزارعي البلدان النامية يتبعون هذه الطرق البسيطة في زراعة محاصيلهم.

ومع مرور الوقت، أصبح توظيفُ الآلات للعمل في التربة الأساس في زراعة المحاصيل ومكافحة الأعشاب الضارة، والفضل يعود إلى دخول المحراث الذي وفّر بجهد أقل عطاءً أكثر. وأولى هذه الأدوات كان **الخربوش (محراث النبش** scratch plows) الذي يتألف من إطار يحمل سارية خشبية رأسية، وكان يُسْحب خلال طبقة التربة العليا. ومن المحتمل أن يكون قد شغّل النماذج الأولى لهذا الاختراع شخصان: أحدهما يسحب الأداة والآخر يقودها. ولكن تدجين حيوانات الجر مثل الثيران في بلاد ما بين النهرين، في وقت قد يكون أبكر من 6000 ق.م ـ حل بديلا عن القوة البشرية. وحدث التطور الرئيسي التالي حوالي 3500 ق.م ـ وذلك

بدأ <ل. إيستشلمان> [رائد نظام عدم الحراثة] بتجريب هذه التقانة سنة 1974 لقلقه من تعرّي التربة التي كانت تتعرض له في منطقة منحدرات پالوس بولاية واشنطن، حيث توجد مزرعته.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

المعالم التطورية للزراعة(*)

تضرب جذور كل من أسلوبي الزراعة، المعتمد على الحراثة وغير المعتمد عليها، عميقا في التاريخ. ولكن أخيرا سيطر الأسلوب الأول منهما بسبب تطور المحراث. وعلى كل حال، فخلال العقود القليلة الأخيرة، مكّن التقدم الحاصل في مجال مبيدات الأعشاب والمكننة، من ممارسة عدم الحراثة على مستوى تجاري.

8000 قبل الميلاد

عصا الزراعة، الشكل الأقدم لعدم الحراثة، يمكّن من زراعة البذور من دون حراثة.

محراث النبش

وهو المحراث الأقدم، يفتح ممرا في غطاء الأرض ويُحدث ثلما توضع به البذور.

6000 قبل الميلاد

تحل حيوانات الجر محل الإنسان في تشغيل المحراث.

3500 قبل الميلاد

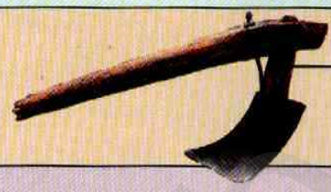
شفرة المحراث، تشكل حافة مدببة مع نصل حديدي، يخلخل الطبقة العليا للتربة.

1100 بعد الميلاد

المحراث القلاب

وله نصل منحنٍ (لوح تقليب) يقلب التربة ويطمر الأعشاب والبقايا.

منتصف 1800s



محراث ذو نصل قلاب فولاذي

اخترعه <د. دير> في عام 1837، قادر على تفتيت طبقة المرج العليا.

أوائل 1900s

الجرار

قادر على جر محاريث عدة مرة واحدة.

1940s- 1950s

مكنت مبيدات الأعشاب، مثل 2,4-D, atrazine وپاراكوات paraquat، المزارعين من السيطرة على الأعشاب بحراثة أقل.

1960s

بذّارات عدم الحراثة

تفتح خندقا صغيرا لوضع البذور، جاعلة خلخلة التربة في حدها الأدنى.

عندما صنع المصريون والسومريون «**شفرة المحراث** plowshare» على شكل أداة خشبية تشبه الوتد أو الإسفين، في قمته نصل حديدي يمكن أن يخلخل الطبقة العليا للتربة. واستعمل الأوروبيون في القرن 11 تطويرا عن هذا الاختراع تضمن نصلا منحنيا، أطلق عليه اسم **الدُّجْر** (**المحراث القلاب** moldboard)، وهو المحراث الذي يقلب التربة حالما تصبح مُفتتة.

لقد مكن التقدم المستمر في تصميم المحراث من تفجير الزراعة الرائدة في منتصف القرن التاسع عشر، حيث استعاض المزارعون عن الأعشاب المحلية ـ التي سادت في مروج شرق أوروبا وجنوب إفريقيا وكندا وأستراليا ونيوزلندا والولايات المتحدة ـ بالذرة والقمح ومحاصيل أخرى. إلا أن مروج الأعشاب الطويلة في الوسط الغربي للولايات المتحدة قاومت هذا الانتشار السريع للزراعة، حيث كانت الطبقة العليا اللزجة الثخينة حائلا دون الزراعة. ولكن في عام 1837 اخترع حداد من إلينوي اسمه <ا. دير> محراثا مصقولا ذا عقفاء من الفولاذ يستطيع تحطيم الطبقة العليا من **المرج** sod. واليوم تُعدُّ هذه الأراضي العشبية التي تشتمل على مقدار كبير من حزام الذرة المشهور، الموطن لأحد أكثر مناطق العالم إنتاجا زراعيا.

استمرت المكننة الزراعية خلال أوائل القرن العشرين بتطوير العديد من الأدوات التي ساعدت المزارعين على استثمار زراعة الأرض بقدر أكبر، بما في ذلك الجرارات القادرة على سحب محاريث عدة في آن معا. ومع ذلك فقد كانت ممارسات الحراثة على وشك أن تخضع لتفحص دقيق. لقد كشفت الفترة الواقعة بين عامي 1931 و 1939 حقبة توصف بأنها عهد **العواصف الغبارية** Dust Bowl (زمن العجاج)، عن هشاشة الزراعة القائمة على الحراثة، حيث عصفت الرياح بالتربة العليا النفيسة وأزاحتها بعيدا عن السهول التي أتلفها الجفاف في جنوب الولايات المتحدة مخلّفة وراءها محاصيل ومزارع ضعيفة. وهكذا وُلدت حركة المحافظة على التربة وبدأ المزارعون باستكشاف طرق للحد من الحراثة وترك بقايا المحصول عامل حماية يغطي

(*) AGRICULTURE MILESTONES

المؤلفان

David R. Huggins - John P. Reganold

هكنز> (في اليسار) هو عالم تربة في *وزارة الزراعة الأمريكية (محطات الأبحاث الزراعية ـ وحدة إدارة الأراضي وحفظ المياه في پالمان ـ واشنطن)، متخصص بنُظم حفظ المحاصيل وتأثيرها في انسياب دورتي الكربون والنتروجين في التربة.*

جريكانولد> (في اليمين) *أستاذ علوم التربة في جامعة ولاية واشنطن بپالمان متخصص بالزراعة المستدامة. وهذه مقالته الثالثة في ساينتفيك أمريكان.*

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

التربة. ومما أثار الجدل النشرة التي صدرت عام 1943 في مجلة «**حماية الفلاح** *Plowman's Folly*» للزراعي <E. فولكنر> الذي فَنَّد فيها الحاجة إلى الحراثة، وأصبح هذا الاقتراح المتطرف لـ<فولكنر> أكثر قابلية للدفاع عنه مع تطوير مبيدات الأعشاب مثل 2,4-D, atrazine و **الپاراكوات** paraquat بعد الحرب العالمية الثانية. وبدأت الأبحاث الجدية عن الطرق الحديثة للزراعة من دون حراثة خلال الستينات من القرن الماضي.

وبالنظر إلى الدور المحوري الذي أخذ المحراث يؤديه في الزراعة، فإن تخيل طريقة للقيام بالعمل من دونه تُعد تحديا حقيقيا، وتتطلب إعادة اكتشاف كافة أوجه الإنتاج الزراعي فعليا. إلا أنه اعتبارا من ستينات القرن الماضي بدأت بالظهور بذّارات صممت لتلبية المتطلبات الفريدة لمكننة الزراعة من دون حراثة. إن هذه البذّارات الحديثة مع المبيدات الكيميائية للأعشاب هما التقانتان الجديدتان الأساسيتان اللتان مكنتا المزارعين في النهاية من أن يمارسوا بفعالية الزراعة من دون حراثة على المستوى التجاري.

الانخراط في عدم الحراثة(*)

يُحَضِّر المزارعون هذه الأيام للزراعة بطرائق تُخلخل التربة إلى درجات مختلفة. فالحراثة بالمحراث القلاب تقلب رأسا على عقب أول 6 إلى 10 بوصات من التربة، طامرة معظم البقايا؛ في حين يفتت المحراث ذو الإزميل الطبقة العليا فقط ويحفظ البقايا أكثر على السطح. وعلى العكس من ذلك، تجعل طرائق عدم الحراثة في كل خط زراعة أخدودا بعمق نصف بوصة إلى ثلاث بوصات يمكن للبذور أن تسقط فيه، مما ينتج منه حد أدنى من إجمالي تخلخل التربة. وتندرج الزراعة من دون حراثة في الولايات المتحدة ضمن التعريف الأوسع لوزارة الزراعة الأمريكية، وهو **الحراثة الحافظة**(1). وتشمل الحراثة الحافظة أية طريقة تُبقي كمية كافية من بقايا المحصول السابق، بحيث يكون 30 في المئة من سطح التربة على الأقل مغطى بعد الزراعة. إن الآثار الواقية لهذه البقايا ملموسة. ووفقا لبيانات قائمة الموارد الطبيعية لوزارة الزراعة الأمريكية فإن تعرية التربة بالمياه والرياح في أراضي المحاصيل الأمريكية انخفضت 43 في المئة ما بين عامي 1982 و 2003، ومعظم هذا الانخفاض بسبب تبني الحراثة الحافظة.

لا تُعدُّ حماية التربة الفائدة الوحيدة من عدم الحراثة، لأن بقايا المحصول على سطح التربة تساعد على زيادة نفاذيتها للماء وتمنع جريانه. إن إنقاص هذا الجريان يحد بدوره من تلوث موارد المياه المجاورة الناجم عن نقل الرسوبيات والأسمدة والمبيدات. كما تساعد هذه البقايا على حفظ الماء بالحد من التبخر. وفي الحالات التي تكون فيها إتاحة الماء محددة لإنتاج المحصول، فإن زيادة حفظ الماء يمكن أن تعني محاصيل أعلى إنتاجية أو إمكانات جديدة لزراعة محاصيل بديلة.

ويزيد أسلوب عدم الحراثة من التنوع في «**فلورا**(2)» و «**فونا**(3)» التربة بتقديم الغذاء لأحياء التربة من بقايا المحاصيل، مثل ديدان الأرض، وفي استقرار موائلها. وإضافة إلى زيادة المادة العضوية للتربة، فإن هذه الظروف تساعد الترب على تطوير بنية داخلية أكثر ثباتا، تُعزز القدرة الكلية على تنمية المحاصيل ووقايتها من الإجهادات التي تسببها عمليات الزراعة أو الأخطار البيئية. وبناء على ذلك، فإن عدم الحراثة يمكن أن يؤمن زراعة أكثر استدامة للأراضي المعتدلة الانحدار إلى شديدته التي تكون معرضة لأخطار التعرية والمشكلات الأخرى.

تستفيد الأحياء البرية أيضا من عدم الحراثة، لأن وجود بقايا المحصول والفقد الذي لا يمكن تحاشيه من الحبوب يقدمان الغطاء والغذاء للطرائد من الطيور والأنواع الأخرى. وقد وجد باحثون في أيوا في دراسة نشرت في عام 1986، اثني عشر نوعا من الطيور تعشعش في حقول غير محروثة، مقارنة بثلاثة أنواع فقط في الحقول المحروثة.

إضافة إلى ما سبق، فإن إنقاص الحراثة يرفع من **تشظي كربون التربة**(4)، مقارنة بحراثة القلاب التقليدية. وإحدى الخطط الزراعية لتلطيف آثار غاز الدفيئة هي تشظي الكربون، حيث يزيل المحصول ثنائي أكسيد الكربون من الجو أثناء عملية التركيب الضوئي، وتتحول البقايا غير المحصودة وجذور النباتات إلى مادة التربة العضوية التي يشكل الكربون 58% منها. إن حوالي نصف مجمل قدرة أراضي المحاصيل الأمريكية لتشظية كربون التربة يأتي من الزراعة الحافظة، بما فيها عدم الحراثة.

إضافة إلى ذلك، يمكن لعدم الحراثة أن يوفر ميزات اقتصادية للمزارعين. فتكرارية المرور على الحقل التي يحتاج إليها تأسيس المحصول وحصاده تنخفض بأسلوب عدم الحراثة إلى أربعة أو أقل بدلا من سبعة أو أكثر. كما تتطلب من 50 إلى 80% أقل وقودا ومن 30 إلى 50% أقل عملا مقارنة بالزراعة المعتمدة على الحراثة، وهذا يخفض بشكل ملموس تكاليف إنتاج الإيكر. ومع أن تكلفة التجهيزات المتخصصة للبذار من دون حراثة يمكن

عقبات تبني عدم الحراثة(**)

على الرغم من أن عدم الحراثة قابل للتطبيق نظريا في معظم المزارع حول العالم، فإن تكلفة التجهيزات الضرورية ومبيدات الأعشاب تعد معيقة بالنسبة إلى العديد من المزارعين الذين يمتلك معظمهم مزارع صغيرة. فإذا نحّينا التكلفة الضرورية جانبا، فإن الفقر بحد ذاته يقود هؤلاء المزارعين إلى استعمال بقايا المحصول وفضلات الحيوانات وقودا، على سبيل المثال. كما أن حراثة الأرض تكفل للمزارع على المدى القصير مكاسب أكثر إلى حد ما من استثمار بعيد المدى لاكتساب المعرفة اللازمة من أجل نجاح أسلوب عدم الحراثة.

إن 85 في المئة تقريبا من أصل 525 مليون مزرعة في العالم مساحتها أقل من 5 إيكر. والقسم الأعظم من هذه المزارع الصغيرة ـ حوالي 87 في المئة ـ يقع في آسيا (*الصورة أعلاه*)، و8 في المئة في إفريقيا. وتبني عدم الحراثة في هذه المناطق، حيث تكون الفوائد المحتملة هي الأعلى، مهمل عمليا.

(*) Signing Up for No-Till
(**) ADOPTION HURDLES
(1) conservation tillage
(2) flora
(3) founa
(4) soil carbon sequestration

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

كيف يُقارن عدم الحراثة(*)

تقارن هنا ثلاثة نظم زراعية لدورة محصولية ذرة ـ فول الصويا في حزام الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية. يتطلب نظام عدم الحراثة زيارات أقل للحقل.

أن تكون عالية، كما في بعض البذّارات العالية التخصص التي يزيد سعرها على 100 000 دولار، فإن الإدارة والمحافظة على تجهيزات الحراثة الأخرى لا تعود ضرورية، مما يخفض من الرأسمال الكلي ونفقات تشغيل الآلات التي يتطلبها تأسيس المحصول، حتى 50%. وبهذا التوفير في الوقت والمال يصبح المزارعون أكثر قدرة على المنافسة في المستويات الأصغر، أو يمكنهم من التوسع وزراعة مساحات أكبر، وفي بعض الحالات يمكنهم من مضاعفة مساحة الأرض المزروعة باستعمال التجهيزات وقوة العمل ذاتها. وأكثر من ذلك، فإن كثيرا من المزارعين يسرهم أن الوقت الذي سبق أن كرس للحراثة يمكن أن ينفق في أوجه أكثر استحقاقا في الزراعة أو الحياة الأسرية أو الترفيه، ومن ثم يُمكّنهم من تحسين نوعية حياتهم بأكملها.

رهان المزرعة(**)

يمكن أن ينجح أسلوب عدم الحراثة وأنظمتها الحافظة الأخرى في مجال واسع من المناخات والترب والمناطق الجغرافية. كما يمكن الاستمرار في تطبيق عدم الحراثة على معظم المحاصيل، باستثناء أراضي الأرز الرطبة والمحاصيل الجذرية مثل البطاطا. وحتى عام 2004، وهي أحدث سنة توفرت فيها البيانات، كان المزارعون يمارسون عدم

(*) HOW NO-TILL STACKS UP
(**) Betting the Farm

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الحراثة فقط في 236 مليون إيكر في كافة أنحاء العالم، وهذا لا يصل حتى إلى 7% من المساحة المحصولية في العالم.

ومن البلدان الخمسة الأولى ذات المساحات الأكبر في اتباع أسلوب عدم الحراثة تأتي الولايات المتحدة أولا، تليها البرازيل، فالأرجنتين، ثم كندا وأستراليا؛ أي إن حوالي 85% من أراضي عدم الحراثة تقع في شمال أمريكا وجنوبها. وفي الولايات المتحدة الأمريكية زُرع 41% من كافة أراضي المحاصيل المزروعة باستعمال نظم الحراثة الحافظة، وذلك في عام 2004 مقارنة مع 26% في عام 1990. ونشأ معظم هذا النمو عن التوسع في تبني عدم الحراثة والذي تضاعف في ذلك الوقت أكثر من ثلاث مرات، وأصبح يمارس في 22% من مزارع الولايات المتحدة. والواضح أن هذا يعكس جزئيا حقيقة أن مزارعي الولايات المتحدة يُشجعون على تحقيق الحراثة الحافظة ويشاركون في الدعم الحكومي والبرامج الأخرى. وقد كان تبني عدم الحراثة في أمريكا الجنوبية سريعا نسبيا نتيجة للجهود المنسقة بين القائمين على الإرشاد الزراعي الجامعي والمجتمعات الزراعية المحلية، وذلك لتطوير نظم محلية في الزراعة من دون حراثة بما سيتناسب مع احتياجاتهم الخاصة.

ومن جهة أخرى، فإن معدلات تبني هذا الأسلوب كانت منخفضة في أوروبا وإفريقيا ومعظم أجزاء آسيا. وتطبيق عدم الحراثة كان صعبا على وجه الخصوص في البلدان النامية في إفريقيا وآسيا، وذلك لأن المزارعين يستعملون غالبا بقايا المحصول في الوقود والعلف الحيواني وأغراض أخرى. فضلا على ذلك، فإن البذّارات الخاصة التي تتطلبها زراعة المحصول وكذلك المبيدات اللازمة لمقاومة الأعشاب قد تكونان غير متاحتين. كما يمكن أن تشكل تكلفتها العالية عائقا للمزارعين في تلك الأجزاء من العالم. وفي الوقت نفسه، فإن غياب السياسات الحكومية التي تشجع عدم الحراثة في أوروبا، إضافة إلى تنامي القيود على استعمال مبيدات الآفات (بما فيها مبيدات الأعشاب)، من بين متغيرات أخرى تركت المزارعين بدافع ضئيل لتبني هذا الأسلوب.

إن التغيّر من الزراعة المعتمدة على الحراثة إلى عدم الحراثة ليس سهلا. وتكمن صعوبة هذا التحول في الاعتقاد السائد بأن عدم الحراثة يعرّض لمجازفة أكبر في فشل المحصول أو لعائد صاف أقل من الزراعة التقليدية، مما أعاق بشكل جاد التبني الواسع لهذا الأسلوب. ومع أن المزارعين يتقبلون فكرة أن الزراعة ليست مهنة آمنة من الفشل، فإنهم يترددون في تبني أساليب ممارسة جديدة إذا كانت المخاطرة بالفشل فيها أعلى مما هي في الممارسة التقليدية. وبسبب كون عدم الحراثة انحرافا جذريا عن ممارسات الزراعة الأخرى، فإن المزارعين الذين يقومون بالتحوّل إلى عدم الحراثة يواجهون صعوبات في التعلم الذي يفرضه هذا التحول. وإضافة إلى الحاجة إلى ممارسات حقلية مختلفة، فإن للتحول تأثيرات أساسية في ترب الحقول والمزارع. فمثلا، يمكن أن تظهر أنواع مختلفة من الآفات عند ذلك التحول. ويمكن أن تتغير أنواع الأعشاب وأمراض المحاصيل. كما يمكن على سبيل المثال أن تُشجع المستويات المرتفعة من الرطوبة المرافقة لعدم الحراثة الأمراض الفطرية المتولدة في التربة والتي كانت الحراثة تبقيها تحت السيطرة. وفي الحقيقة، فإن اكتشاف أمراض جديدة في المحاصيل قد ترافق أحيانا مع التحول لعدم الحراثة.

وتحتاج بعض التغيرات التي تنجم عن عدم الحراثة، إلى سنوات أو عقود كي تظهر للعيان، كما أن على المزارعين البقاء محترسين وقابلين للتأقلم مع أوضاع جديدة، وأحيانا غير متوقعة، مثل تلك التي تنشأ عن تحولات في التربة وظروف البقايا أو إدارة التسميد. وخلال هذا التحول، هناك مجازفة حقيقية في نقص الإنتاج أو فشل المحصول. وعلى سبيل المثال، فإن بعض المزارعين الذين اتبعوا أسلوب عدم الحراثة في الثمانينات من القرن الماضي في منطقة پالوس، قد توقفوا عن العمل. وتبعا لذلك، فعلى المزارعين الراغبين في التحول إلى عدم الحراثة أن يحددوا في البداية المساحات المحولة بـ10 حتى 15% فقط من كامل مزارعهم.

غالبا ما يطلع المزارعون البادئون بتقانة عدم الحراثة على العمليات الناجحة ويشكلون مجموعات دعم محلية، حيث يتشاركون في الخبرة ويناقشون مشكلات معينة. ويمكن للنصيحة التي يتلقونها في المناطق المحدودة التبني لعدم الحراثة أن تكون ناقصة أو متناقضة، كما يمكن أن يكون للتفاوت في المعرفة أو الخبرة أو التقانة نتائج كارثية محتملة. وإذا نمى الاعتقاد بأن عدم الحراثة أكثر خطورة من التقانات التقليدية في المجتمع الزراعي، فإن البنوك (المصارف) قد لا تقرض مزارعي عدم الحراثة. وتبعا لذلك فإن المزارعين الذين يستأجرون الأراضي يمكن أن يجدوا مالكيها معارضين لعدم الحراثة بسبب خشيتهم من عدم الحصول على العائد نفسه. إن تحسين نوعية تبادل المعلومات بين المزارعين والجامعات وأصحاب الأعمال في الزراعة

وجها عدم الحراثة(*)

إيجابيات

تُنقص تعرية التربة

تحفظ الماء

تحسّن صحة التربة

تخفض تكلفة الوقود والعمل

تخفض التلوث بالرواسب والأسمدة في البحيرات والجداول

تشظي الكربون

سلبيات

صعوبة التحول من الزراعة التقليدية إلى عدم الحراثة.

التجهيزات المطلوبة مكلفة

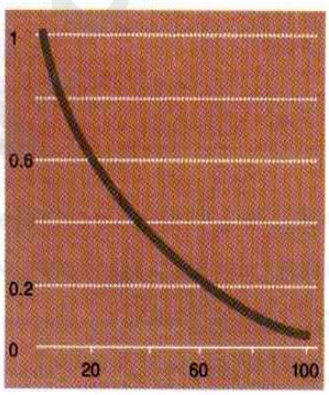
زيادة الاعتماد على مبيدات الأعشاب

الأعشاب والأمراض والآفات الأخرى السائدة يمكن أن تتغير بطريقة غير متوقعة

يمكن أن تتطلب في البداية مزيدا من السماد النتروجيني

يمكن أن تبطئ الإنتاش(١) وتخفض الإنتاج.

حافظ التربة(**)



إن ترك 30 في المئة من سطح التربة مغطى بالبقايا يخفض التعرية إلى النصف مقارنة بالتربة العارية والمبورة(٢). وترك 50 إلى 100 في المئة من السطح مغطى خلال السنة بكاملها كما هو الحال عند عدم الحراثة يخفض تعرية التربة إلى حد كبير.

(*) TWO SIDES OF NO-TILL
(**) SOIL SAVER
(١) germination
(٢) fallow

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

المَكْسب(*)

إن البطء الذي يعاد فيه بناء التربة يجعل حفظها ضرورة.

أحد العيوب الأساسية للزراعة التقليدية أنها تُعزز تعرية التربة السطحية، وبخاصة في الأراضي المنحدرة. فالحراثة تترك سطح الأرض عاريا أو معرضا للانجراف، ومع كل شوط من المحراث تُدفع التربة إلى الانحدار. ونتيجة لذلك، ترق ثخانة التربة مع الزمن. ولا يعتمد الوقت الذي تستغرقه هذه العملية على السرعة التي تدفع بها الحراثة التربة نحو الأسفل فقط ـ وتحملها الرياح والجريان بعيدا ـ وإنما أيضا على السرعة التي يتفكك فيها الصخر الحامل لتكوين تربة جديدة.

حينما بدأت مصلحة حفظ التربة في الخمسينات من القرن الماضي (والمعروفة الآن باسم مصلحة حفظ الموارد الطبيعية) بتحديد المعدلات التي يمكن تحمّلها لتعرية التربة في الأراضي الزراعية، كان من الصعب توفير بيانات عن معدلات تكوين التربة. وتبعا لذلك حددت المصلحة ما يطلق عليه اصطلاح **قيم تحمل فقد التربة**(1)، أو القيم T، على أساس ما يمكن أن يفعله المزارعون لخفض التعرية من دون «حدوث أثر اقتصادي غير مناسب» وباستعمال تجهيزات الزراعة التقليدية. وتتناسب قيم T هذه مع مقدار تعرية قدره بوصة تعرية كل 25 سنة. ولكن الأبحاث الحديثة بينت أن معدل التعرية أسرع بكثير من المعدل الذي يعاد فيه بناء التربة.

إن تعرية الرياح في السهول الجنوبية للولايات المتحدة خلال حقبة العواصف الغبارية Dust Bowl (زمن العجاج) تبين خطر الزراعة المعتمدة على المحراث.

وقد بين العلماء، خلال العقود العديدة السابقة، أن قياس تركيز نظائر معينة في التربة، تتشكل بمعدل معروف، يسمح بتقدير كمي مباشر لمعدلات تكوين الترب. ولتطبيق هذه التقانة على ترب المناطق المعتدلة في شواطئ كاليفورنيا وجنوب شرق أستراليا، وجد الجيولوجي A. همساث [من جامعة ولاية أريزونا] وزملاؤه أن معدلات تكوين التربة تتراوح بين 0.00118 و 0.00315 بوصة في السنة. وتبعا لذلك، يستغرق تشكيل بوصة من التربة في هذه الأمكنة من 300 إلى 850 سنة. وقد أظهر تجميعي الشخصي [الكاتب] للبيانات العالمية لدراسات تكوين التربة والتي نشرت في عام 2006 في **وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم** Proceedings of the National Academy of Sciences الأمريكية، أظهر معدلا متوسطا قدره 0.00067 إلى 0.00142 بوصة في السنة ـ بما يساوي 700 إلى 1500 سنة لتشكيل بوصة من التربة.

وتتراوح ثخانة التربة غير المخلخلة في منحدرات تلال المناطق المعتدلة والاستوائية عموما من واحد إلى ثلاث أقدام. ومع المعدلات الطبيعية لتكوين الترب والتي تتراوح من عدة قرون حتى آلاف السنين لكل بوصة ومعدلات تعرية تقدر بالبوصات لكل قرن في الزراعة المعتمدة على الحراثة، فسوف تستغرق عدة مئات إلى ألفي سنة لاستمرار حراثة التربة في هذه المناطق. ويتنبأ هذا التقدير البسيط بشكل جيد وملموس بدورة حياة الحضارة الزراعية الأساسية حول العالم. وباستثناء وديان الأنهار الخصبة التي بدأت الزراعة على طولها، فقد استمرت الحضارات عموما من 800 إلى 2000 عام، كما بينت الدراسات **الجيوآثارية**(2) الحالية وجود علاقة بين تعرية التربة وتدهور العديد من الحضارات القديمة.

وبوضوح إذن، إذا رغبنا في حفظ الموارد لأجيال المستقبل، فإننا نحتاج إلى بدائل عن ممارسات الزراعة التقليدية؛ وأنظمة عدم الحراثة تخفض قوى التعرية والانجراف وتزيد من قدرة الأرض على احتواء التربة في آن معا، جاعلة هذه الطرائق فعالة بشكل ملموس في الحد من التعرية. وفي دراسة نشرت في عام 1993، وجد باحثون في جامعة كانتاكي أن طرق عدم الحراثة تخفض تعرية التربة بنسبة ضخمة 98%، وأورد باحثون من جامعة تينسي حديثا، أن زراعة التبغ من دون حراثة خفضت تعرية التربة بأكثر من 90% مقارنة بزراعة التبغ التقليدية. وعلى الرغم من أن تأثير عدم الحراثة في معدلات التعرية يعتمد على عدد من العوامل المحلية، مثل نمط التربة والمحصول، فإنها يمكن أن تخفض معدلات التعرية لتصبح قريبة من معدلات تشكل التربة.

وقد قدر باحثون في جامعة كورنيل في أواسط التسعينات من القرن الماضي أن إصلاح ما تسببه تعرية التربة سيكلف الولايات المتحدة الأمريكية 44 بليون دولار في السنة، وسيتطلب استثمارا سنويا يقدر بحوالي 6 بلايين دولار لجعل معدلات التعرية في أراضي محاصيل الولايات المتحدة مسايرة لتشكيل التربة. كما قدروا أن كل دولار يستثمر في المحافظة على التربة سوف يوفر على المجتمع أكثر من 5 دولارات. ولأن تكلفة إعادة التربة إلى الحقل بعد أن تغادره، أكثر من أن تُحتمل، فمن الأفضل، والأكثر فعالية للمجتمع بصورة عامة هو حفظها في الحقول في المقام الأول.

<D. R. مونتكومري>، أستاذ مورفولوجيا الأرض في جامعة واشنطن وهو مؤلف «التراب: انحسار الحضارات».

والوكالات الحكومية سيسهم من دون شك وإلى حد بعيد في طريق التغلب على هذه العوائق.

ولهذا النظام أيضا، سلبيات حتى بأيدي مزارعي عدم الحراثة المحنكين، لأن إنتاج المحصول من دون حراثة في ترب ناعمة القوام ضعيفة الرشح يمكن أن يكون معضلة على وجه الخصوص ينتج منها نقص في الإنتاج. فعلى سبيل المثال، إن إنتاج الذرة من دون حراثة ينخفض من 5 إلى 10% في مثل هذه الأنواع من الترب، مقارنة بالناتج من الحراثة التقليدية، وبخاصة في الأقاليم الشمالية. وحيث إن بقايا المحاصيل تعيق أشعة الشمس عن تدفئة التربة إلى الدرجة التي تحدث في الحراثة التقليدية، تكون حرارة التربة أخفض في الربيع، مما قد يؤخر إنبات البذور ويحد من النمو المبكر لمحاصيل الموسم الحار كما هو الحال في الذرة بالمناطق الشمالية.

لقد تطلّب عدم الحراثة في السنوات الأربع إلى الست الأولى استعمال المزيد من السماد النتراتي

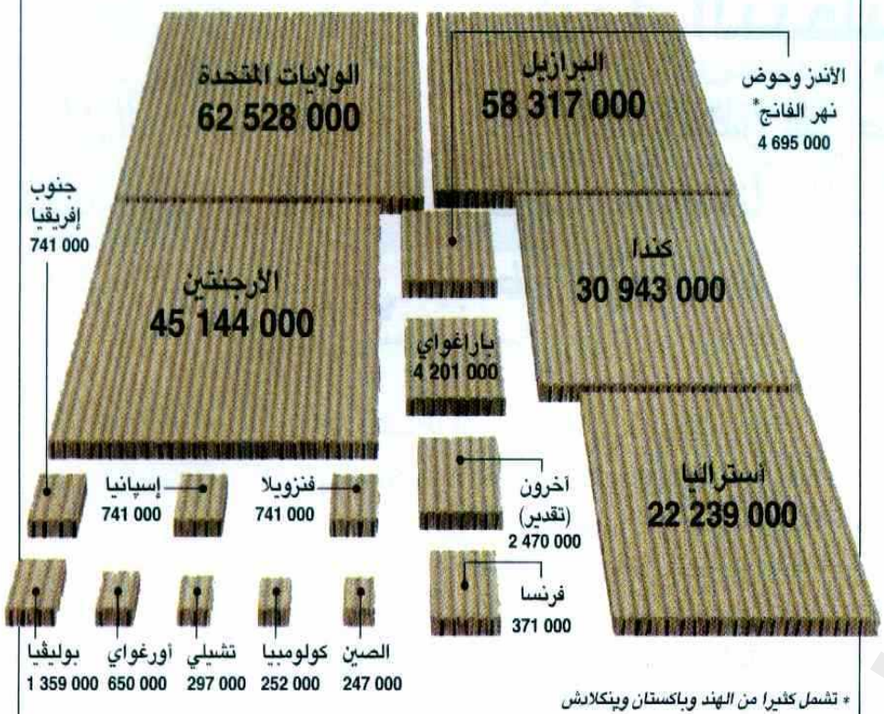
(*) PAY DIRT
(1) soil loss tolerance values
(2) geoarcheological

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

فدادين عدم الحراثة(*)

إن أقل من 7 في المئة من أراضي العالم مزروعة باتباع طرائق عدم الحراثة. ومن الـ236 مليون إيكر هذه، حوالي 85 في المئة تقع في شمال أمريكا وجنوبها.



* تشمل كثيرا من الهند وباكستان وبنكلادش

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة. بيانات عن عام 2004

لتلبية الاحتياجات الغذائية لبعض المحاصيل، وحتى 20% أعلى مما يستعمل في نظم الحراثة التقليدية، لأن زيادة المواد العضوية على السطح تثبت المغذيات، بما فيها النتروجين. وفي غياب الحراثة يعتمد المزارعون بثقل أكثر على مبيدات الأعشاب الضارة لإبقاء الأعشاب الضارة تحت السيطرة. وحاليا أصبحت الأعشاب المقاومة للمبيدات أكثر انتشارا في مزارع عدم الحراثة. ويتطلب استمرار ممارسة عدم الحراثة الاعتماد إلى حد كبير على تطوير مركبات جديدة مبيدة للأعشاب والخيارات الأخرى لإدارة الأعشاب الضارة. وبغض النظر عن التكلفة، فإن زيادة الاعتماد على الكيمياويات الزراعية يمكن أن تؤثر سلبا في الأنواع غير المستهدفة أو تلوث الهواء والماء والتربة.

مكاملة أسلوب عدم الحراثة(*)

لأسلوب عدم الحراثة القدرة على تقديم عدد كبير من الفوائد التي تزداد الحاجة إليها في عالم يواجه نموا سكانيا عاليا وتدهورا بيئيا وزيادة في أسعار الطاقة وتغيرا مناخيا، وذلك من بين تحديات رهيبة أخرى. ولكن أسلوب عدم الحراثة ليس علاجا لكل ما سبق؛ فمثل ذلك لا يوجد في الزراعة. وهو بالأحرى، جزء من الرؤية الأوسع والمتطورة للزراعة المستدامة، والتي فيها يُعد التنوع في طرائق الزراعة من عدم الحراثة إلى الزراعة العضوية وخليط منهما أمرا صحيا. ونحن نعتقد في النهاية أن على المزارعين إدخال الحراثة الحافظة وعدم الحراثة إذا كان ذلك مجديا في مزارعهم.

سيحتاج عدم الحراثة في المستقبل إلى توظيف استراتيجيات أكثر تنوعا لإدارة الآفات والأعشاب، تتضمن الأساليب البيولوجية والفيزيائية والكيميائية التي تقلل من تهديد المقاومة لمبيدات الآفات. ويمكن لممارسات أنظمة الزراعة العضوية الناجحة أن تكون مرشدة في هذا المجال. وأحد هذه الأساليب الدورة الزراعية (وفيها يزرع المزارعون سلسلة من المحاصيل المختلفة في المكان نفسه في المواسم المتتالية)، التي تساعد في حرب عدم الحراثة على الآفات والأعشاب الضارة عن طريق تحطيم دورات الأعشاب والآفات والأمراض التي تنشأ عن زراعة النوع نفسه باستمرار.

وفي هذا المضمار، ستدفعُ القدرة على زراعة أنواع مختارة من المحاصيل المهمة اقتصاديا أسلوب عدم الحراثة قدما إلى الأمام وتجعله أكثر جاذبية للمزارعين. إلا أن التركيز الحالي على الذرة لإنتاج الإيثانول في حزام الذرة، في الوسط الغربي من الولايات المتحدة مثلا، يدفع إلى الزراعة الأحادية (حيث يُزرع محصول واحد مثل الذرة في منطقة واسعة وتعاد زراعته كل عام)، وهذا غالبا ما يجعل أسلوب عدم الحراثة أكثر صعوبة في هذه المنطقة. ويستمر الخبراء بالنقاش حول جدوى تنمية محاصيل الوقود الحيوي على الأراضي الزراعية؛ ولكن إذا قررنا الاستمرار بزراعة هذه المحاصيل، فإننا سنحتاج إلى الأخذ بعين الاعتبار استعمال عدم الحراثة مع دورة زراعية لإنتاج هذه المحاصيل بشكل مستدام. إن تطوير مزروعات بديلة لإنتاج الطاقة الحيوية في الأراضي الهامشية، بما فيها المزروعات المعمرة مثل switchgrass، يمكن أن يكمّل ويشجع على الزراعة من دون حراثة، كما هي الحال في **زراعة حبوب غذائية تدوم طوال السنة وهي حاليا قيد التطوير**(١).

واليوم، وبعد ثلاثة عقود من المحاولة الأولى لعدم الحراثة في مزرعة <J. إيستشلمان> في پالوس، فإنه يطبق هذا النظام على 100% من أراضيه. وكان في تبنيه عدم الحراثة قد اتبع طريقا متدرجا حذرا ساعد على جعل المخاطرة بنقص الإنتاج والعائد الصافي في حدها الأدنى. ولذا فهو واحد من العديد من المزارعين، كبارا وصغارا، الذين يحصدون فوائد جمة من عدم الحراثة ويساعدون على تطوير الزراعة باتجاه الاستدامة. ■

(*) NO-TILL ACREAGE

(**) Integrating No-Till

(١) انظر: "Future Farming: A Return to Root," by Jerry D. Glover - Cindy M. Cox - John P. Reganold; *Scientific American*, August 2007

مراجع للاستزادة

Corn-Soybean Sequence and Tillage Effects on Soil Carbon Dynamics and Storage. David R. Huggins, Raymond R. Allmaras, Charles E. Clapp, John A. Lamb and Gyles W. Randall in *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 71, No. 1, pages 145–154; January/February 2007.

Constraints to Adopting No-Till Farming in Developing Countries. Rattan Lal in *Soil & Tillage Research*, Vol. 94, No. 1, pages 1–3; May 2007.

Dirt: The Erosion of Civilizations. David R. Montgomery. University of California Press, 2007.

No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture. Second edition. C. John Baker et al. CABI Publishing, 2007.

More information about conservation agriculture from the United Nations Food and Agriculture Organization is available at **www.fao.org/ag/ca**

Scientific American, July 2008

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

مواد ذاتية التنظيف(*)

*إن القدرة الرائعة التي يمتلكها نبات اللوتس على صد الأوساخ قادت إلى استلهام عدد من تقانات التنظيف الذاتي والتقانات المضادة **للبكتيرات**(١)، وقد تقود أيضا إلى التحكم في **النبائط الميكرومائعية**(٢) من النوع «مختبر في شيپة».*

<P. فوربس>

يحلم <W. بارثلوت> [من جامعة بون في ألمانيا] وهو مكتشف ومطور «**تأثير اللوتس**» lotus effect، بجعل مانهاتن ذاتية التنظيف، حيث يغسل القليل من المطر نوافذ وجدران ناطحات السحاب فتبدو نظيفة كنبات اللوتس البهي. ويرى في كل مكان انتشار استعمال أقمشة جديدة، في صنع الخيام وأسقف السرادقات والقناطر المظللة أمام مداخل الفنادق، عصية على الاتساخ والتبقع دون الحاجة إلى تدخل التنظيف البشري. ولا يعد <بارثلوت> الوحيد الذي يسلط الأضواء على مستقبل تكثر فيه الأشياء التي نادرا ما تتطلب التنظيف، هذا إذا ما تطلبته حقا. ويطور التقانيون في اليابان سطوحا ذاتية التعقيم وقادرة على التخلص من الروائح الكريهة لاستعمالها في الحمامات والمشافي. ويتصور <M. رُبنر> و<R. كوهين> [من معهد ماساشوستس للتقانة] تقانات مشابهة تمنع الضباب من التراكم على مرايا الحمامات والتحكم في النبائط الميكْرومائعية من النوع «مختبر في شيپة» (حيث تتحرك الموائع في ممرات **ميكروسكوبية** (**مجهرية**) microscopic). ويتوافر لدينا حاليا قمصان وبلوزات وتنانير وبناطل يمكن بنفضها التخلص مما تلوثت به من كاتشاب (عصير البندورة) أو خردل أو نبيذ أحمر أو قهوة. وهكذا تقترب منا ثورة في عالم السطوح الذاتية التنظيف.

وتبدأ قصة المواد الذاتية التنظيف في الطبيعة باللوتس المقدس (*نيلومبونوسيفيرا Nelumbo nucifera*)، وهو نبات بهي مائي معمر متألق أدى دورا كبيرا في أديان وثقافات الهند وميانمار والصين واليابان. وقد جرى تبجيله بسبب نقائه الاستثنائي. ينمو اللوتس في الماء الطيني، ولكن عندما تنبثق أوراقه، تقف مبتعدة عدة أمتار عن سطح الماء ولا يظهر عليها الاتساخ أبدا. وتبدي قطيرات الماء على ورق اللوتس تألقا سماويا، ويغسل ماء المطر الأوساخ عن تلك الأوراق بسهولة أكبر من أوراق أي نبات آخر.

وتلك الخاصية الأخيرة هي التي لفتت انتباه العالم <بارثلوت>. وقد استثارته في السبعينات الإمكانات التي وفرها **المجهر الإلكتروني الماسح** scanning electron microscope الذي توافر تجاريا في عام 1965 وسمح بالحصول على صور شديدة الوضوح تقع أبعادها في نطاق النانومتر. ويمكن في هذا النطاق من التكبير لأي ذرة من الغبار أن تفسد الصورة، ولذلك يجب تنظيف العينات تنظيفا تاما. وتبين لـ<بارثلوت> أن بعض النباتات لا تتطلب التنظيف وكان اللوتس أميرها دون منازع.

وقد أدرك <بارثلوت> أن هذه الخاصية تعود إلى اتصاف أوراق اللوتس بصفتين مجتمعتين هما: **الشمعية** waxiness والنتوءات الميكروية (حجمها بضعة ميكْرونات) التي تغطي كامل سطح الورقة. وكان يعرف من الفيزياء الأساسية أن صفة الشمعية وحدها قادرة على جعل الأوراق **كارهة للماء** hydrophobic، أي لا تحب الماء وتصده. وتتموضع نقاط الماء على سطوح مثل هذه المواد مرتفعة، بحيث تجعل منطقة تماسها مع المادة أصغر ما يمكن [*انظر المؤطر السفلي في الصفحة 50*]، في حين ينتشر الماء على السطوح **المحبة للماء** hydrophilic جاعلا منطقة التماس أكبر ما يمكن. وتكون زاوية التماس (عند تلاقي سطح **النُقيطة**(٣) مع سطح المادة) في السطوح المحبة للماء أقل من 30 درجة، في حين يكون في السطح الكاره للماء زاوية تماس تزيد على 90 درجة.

وإضافة إلى ذلك، أدرك أن العدد غير المحدود من النتوءات يدفع الأمور خطوة إلى الأمام فتجعل سطح اللوتس فائق الكره للماء ـ فتزيد زاوية التماس على 150 درجة، ويشكل الماء عليه نقيطات كروية الشكل تقريبا ذات سطح تماس صغير جدا تتدحرج عليه بالسهولة نفسها التي تتدحرج فيها كرة في **مَحْمِل الكريات** ball bearings (وهو القطعة

(*) SELF-CLEANING MATERIALS
(١) جمع بكتيرة.
(٢) microfluidic devices
(٣) droplet

مفاهيم مفتاحية

- تُحوّل النتوءات الميكروسكوبية الموجودة على ورقة اللوتس سطحها الشمعي إلى مادة تصد الماء بقوة، أي فائقة الكره للماء. تتدحرج نقاط المطر بسهولة فوق مثل هذا السطح، مزيلة بطريقها جميع الأوساخ أو الغبار.
- طوّر الباحثون مواد اصطناعية ذاتية التنظيف، يعتمد بعضها على «تأثير اللوتس»، في حين يعتمد بعضها الآخر على خاصية معاكسة تماما تدعى ـ المحبة الفائقة للماء ـ وعلى تفاعلات كيميائية حفزية.
- قد تجمع المنتجات المستقبلية خاصتي الألفة للماء أو تستخدم مواد يمكنها أن تتحول جيئة وذهابا بين خاصتين فتتحكم في تدفق السوائل في مكونات ميكرومائعية.

محررو ساينتفيك أمريكان

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

من الآلة تدور فيها أجزاؤها المتحركة دورانا سلسا على كرات معدنية مرنة، ويدعى باللغة الدارجة رولمان). يتموضع الماء على سطح النتوء كالشخص المستلقي على فراش من المسامير. ويزيد الهواء المحتجز بين الماء وسطح الورقة المؤلف من الفراغات المحيطة بالنتوءات زاوية التماس، وهو أثر عبّرت عنه معادلة كيسي-باكستر، وسميت المعادلة بهذا الاسم تكريما للعالمين <A. B. D كيسي> و <S. باكستر> اللذين أوجداها في الأربعينات.

وتبين لـ<بارثلوت> أن الأوساخ كما الماء تلامس قمم نتوءات ورقة اللوتس فقط، وتبلل قطرات ماء المطر الأوساخ بسهولة فتتدحرج معها بعيدا عن الورقة. ويعد اكتشاف تعزيز النتوءات الميكروسكوبية لعملية التنظيف تناقضا ظاهريا رائعا. لقد تعلمت من والدتي أن الشقوق والتجاعيد في المئزر تؤوي الأوساخ ـ وهذا يتفق والحكمة التقليدية الشعبية التي تقول إذا أردت أن تبقي الأشياء نظيفة فاجعلها ملساء. ولكن النظر إلى نبات اللوتس يبين أن تلك المقولة ليست صحيحة تماما.

ولما كان <بارثلوت> عالم نبات في المقام الأول، فإنه لم يستطع بداية أن يتبين الإمكانيات التجارية لاكتشافه كيف تُبْقي النتوءات الصغيرة جدا أوراق نبات اللوتس نظيفة. ولكنه أدرك في الثمانينات أنه إذا ما أمكن اصطناع سطوح خشنة وشمعية، فقد يكون لتأثير اللوتس الاصطناعي تطبيقات عديدة. فقام لاحقا بتسجيل براءة اختراع لمسألة بناء سطوح ذات مناطق ميكروسكوبية الارتفاع لجعلها ذاتية التنظيف، وسَجَّل «تأثير اللوتس» علامة تجارية.

إن **هندسة**[1] بناء سطح فائق الكره للماء باستخدام تأثير اللوتس ليست سهلة على الإطلاق ـ إذ تكون المادة الكارهة للماء ذات طبيعة قائمة على الصد. ولكن تلك المادة التي تصد كل شيء، يجب أن تلتصق بالسطح المستهدف الذي نود جعله كارها للماء. وعلى الرغم من ذلك، أوجد <بارثلوت> في أوائل التسعينات «ملعقة العسل»، وهي ملعقة ذات سطح من السيليكون ميكروسكوبي الخشونة، محلي الصنع، يسمح للعسل بالانسياب بأكمله دون أن يترك أي مقدار منه في الملعقة. وقد أقنع هذا المنتج بعض الشركات الكيميائية الكبيرة بقيمة تلك التقانة، وسرعان ما توجهت قدراتها البحثية نحو إيجاد تطبيقات أكثر لاستغلال هذا التأثير. ويُعدُّ التطبيق الأكثر أهمية حتى اليوم هو دهان واجهات المباني المسمى ستولوتُسان StoLotusan الذي طرحته في الأسواق الشركة المتعددة الجنسيات Sto AG أول مرة في عام 1999 ولاقى نجاحا هائلا. ويعد «تأثير اللوتس» في ألمانيا اليوم اسما منزليا شائعا، صنفته مجلة *Wirtschaftswoche* في الشهر 2007/10 واحدا من أهم 50 اختراعا ألمانيا في الزمن الحاضر.

لا كوارث في المطاعم بعد اليوم(*)

عندما يُذكر التنظيف الذاتي يتبادر إلى ذهن الناس فورا كلمة «ثياب»؛ إذ إننا لا ننظف بيوتنا من الخارج كثيرا جدا، في حين ننشغل دائما بتنظيف ملابسنا.

واليوم انتشرت الأقمشة الذاتية التنظيف في كل مكان بعد بداية مترددة، وكانت البداية فيما سمي **العناية النانوية** Nano-Care.

والعناية النانوية هي **معالجة** finish للأقمشة، طورها المخترع والمستثمر <D. سون>. وتصنع هذه الأقمشة اليوم في شركته نانو-تكْس. تأمَّل **الزَّغَب** fuzz الموجود على ثمرة الدراق، وضع الثمرة تحت صنبور الماء، لترى عندئذ التأثير المسمى «العناية-النانوية». يتألف «الزَّغَب» المسبب للعناية النانوية من شعيرات صغيرة جدا يجري لصقها على خيوط القطن. وتبلغ هذه الشعيرات درجة من الصغر ـ ارتفاعها أقل من واحد بالألف من ارتفاع نتوءات اللوتس ـ بحيث تبدو خيوط القطن مثل جذوع أشجار ضخمة مقارنة بها.

وتنافس شركة نانو-تكس الشركة السويسرية Schoeller Textil AG، التي تطلق على تقانتها اسم **الكرة النانوية** Nano-Sphere. وتتألف المنظومة من **جسيمات** particles من السيليكا أو من البوليمر تلصق على الخيوط التي تصنع منها الملابس، وتوفر هذه الدقائق خشونة مشابهة لخشونة نتوءات اللوتس.

وبسبب إطلاق العديد من الادعاءات غير المختبرة لدعم منتجات التقانة النانوية، بدأت **مؤسسات المعايير (المواصفات)**[2] بوضع اختبارات صارمة للثياب الذاتية التنظيف التي أوجدتها الاختراعات الجديدة. وفي الشهر 2005/10 أعلنت مؤسسة أبحاث هوهنشتاين الألمانية، التي تُجري الاختبارات وتمنح الشهادات للصناعة والتجارة العالميتين، أن أقمشة تقانة الكرة النانوية كانت الأولى التي اجتازت جميع الاختبارات الموضوعة للأقمشة الذاتية التنظيف، بما في ذلك الاختبارات التي تفحص صدَّ الماء وقدرة القماش على المحافظة على أدائه بعد تعرضه لعدة عمليات غسيل عادية ولعملية الاهتراء بسبب الاستعمال. وبينت تجارب قمت بها بنفسي أن عينات من قماش تقانة الكرة النانوية أظهرت قدرة متميزة على التخلص من أسوأ ما قد يتوقعه المرء من بقع مرق البندورة (الطماطم) والقهوة والنبيذ.

(*) No More Restaurant Disasters

(١) engineering وليس geometry.

(٢) standards institution

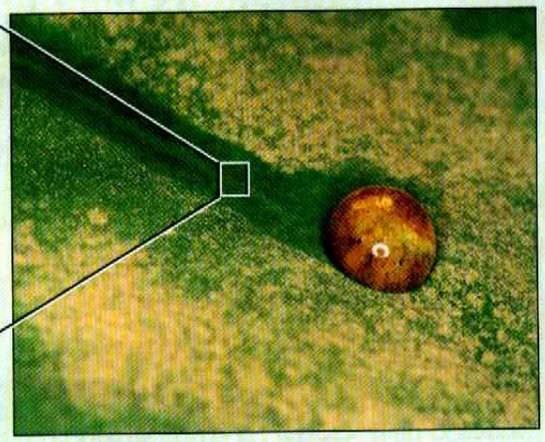
www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

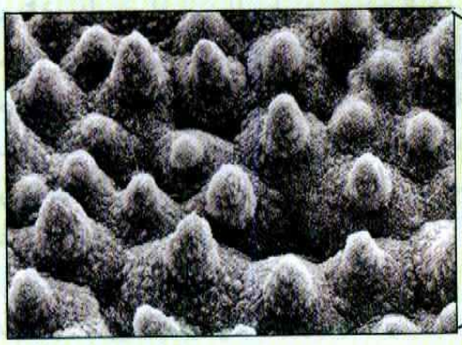
[إلهام]

تأثير اللوتس(*)

إن القدرة الرائعة لأوراق اللوتس على البقاء نظيفة ألهمت الباحثين تطويرَ المواد الذاتية التنظيف.



يتدحرج الماء على الورقة دون أن يلتصق بها إطلاقا ويجرف معه الأوساخ.



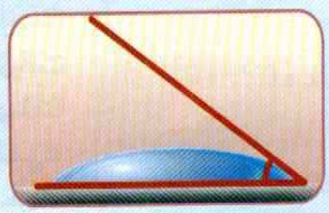
النتوءات الميكروسكوبية الموجودة على كامل سطح الورقة (حجمها بضعة ميكرونات) هي السر الكامن وراء خواصه الصادة للماء. ويؤدي تغليف هذه النتوءات بغلاف خشن من بلورات شمعية ذات قياس نانوي إلى زيادة التأثير.

[الأساس النظري]

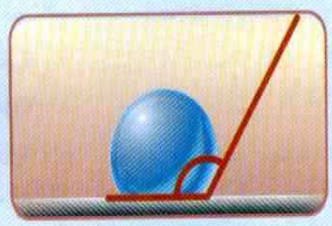
فيزياء اللوتس(**)

ينتج تأثير التنظيف الذاتي للوتس سطحه الشديد الكره للماء (يصد الماء). يعتمد كون المادة كارهة للماء أو محبة له (تجذب الماء) على زاوية التماس بين المادة وسطح الماء.

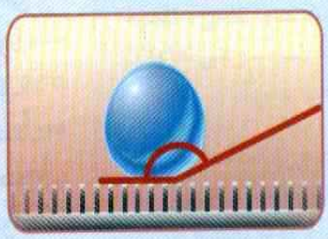
زوايا التماس



سطح محب للماء:
أقل من 30 درجة



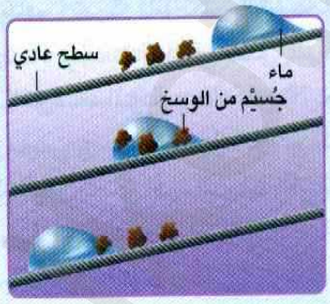
سطح كاره للماء:
أكثر من 90 درجة



سطح فائق الكره للماء:
أكثر من 150 درجة

تحدث الزاوية الكبيرة بسبب النتوءات التي تحتجز الهواء بين الماء والسطح، منقصة التماس مع السطح إلى حده الأدنى.

كيف ينظف اللوتس نفسه



في حالة سطح عادي (غير شديد المحبة للماء أو شديد الكره له)، تنزلق نقطة الماء عليه تاركة معظم جسيمات الأوساخ ملتصقة به.

عندما تتدحرج نقطة من الماء على سطح فائق الكره له، تلتقط في طريقها الأوساخ وتجرفها عنه، لأن الألفة بين الماء والأوساخ أكبر من ألفة أي منهما للسطح الواقعين عليه.

وأصبحت الثياب السهلة التنظيف متوافرة على نطاق واسع، ولكن من المتوقع أن يكون مشترو أقمشة مظلات مداخل الفنادق والمحلات التجارية ومظلات النوافذ والأشرعة، الشريحةَ التي ستؤلف السوق الأكبر (بدلالة ما يصرف من مال) لأقمشة تأثير اللوتس. ويُردُّ ذلك إلى عدم رغبة أي كان بغسل تلك التركيبات الخارجية الضخمة.

ابتلال فائق(***)

وقد بدأ استكشاف تأثير اللوتس بمحاولة فهم القدرة على التنظيف الذاتي التي تمتلكها بعض أنواع السطوح ـ الشمعية ذات البنى الميكروسكوبية أو النانوسكوبية. وتوسع هذا البحث اليوم ليشكل علما جديدا كليا يهتم بالابتلال والتنظيف الذاتي وإبادة البكتيرات (التطهير). وأيقن الباحثون أنه قد تتوافر عدة طرائق لصنع سطوح فائقة الكره للماء وأن الكراهية الفائقة هي عكس المحبة الفائقة ـ التي قد تكون أيضا مهمة. وكان العامل القيادي في مسألة المحبة الفائقة معدن ثنائي أكسيد التيتانيوم أو **التيتانيا** titania.

بدأت رحلة التيتانيا نحو النجومية منذ ما يزيد على أربعة عقود، ولم يكن لذلك أي علاقة بموضوع الابتلال. ففي عام 1967، اكتشف <A. فوجيشيما> [وكان في ذلك الوقت طالبا يدرس للدكتوراه في جامعة طوكيو] أن التيتانيا تستطيع عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية فصم الماء إلى أكسجين وهيدروجين. يعد فصم الماء بواسطة الضوء، أو ما يسمى **التحلل الضوئي** photolysis، مسألة قدسية؛ لأنها إذا ما جعلت قادرة على العمل بكفاءة عالية لأمكن توليد الهيدروجين بكلفة زهيدة تجعله بديلا ثمينا كوقود لا يطلق الكربون، كما هو الحال

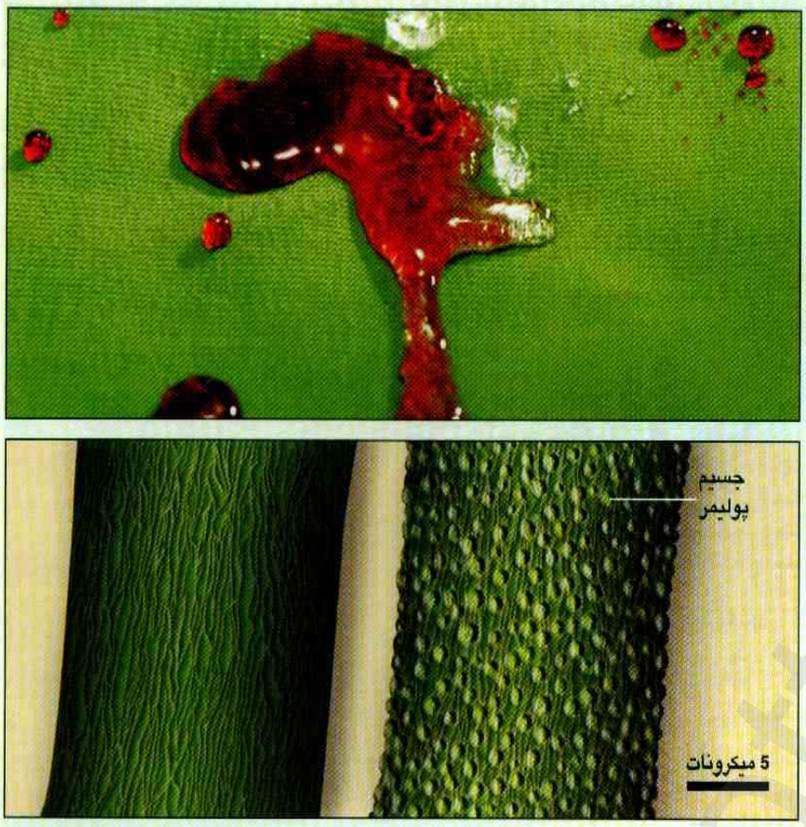
(*) THE LOTUS EFFECT
(**) PHYSICS OF THE LOTUS
(***) Superwettability

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

طريقة للبقاء نظيفا(*)

تصنع بعض الشركات أقمشة يمكن أن يُنفض عنها الماء وبقع الأطعمة، وذلك بجعلها فائقة الكره للماء كورقة اللوتس (*الأعلى*). وينجم هذا التأثير بإجراء تعديل على الخيوط القطنية المفردة التي يصنع منها القماش. تشكل الجسيمات، في أحد المنتجات (*الأسفل*)، نتوءات على الخيوط يبلغ حجمها بضع مئات من النانومترات. أما الكثير من المنتجات الأخرى، مثل الدهان الخارجي وبلاط السطوح، فيكتسب تأثير اللوتس بجعل خشونة السطح ذات قياس ميكروسكوبي أو نانوسكوبي.



خيط قطني معالج — خيط قطني غير معالج

في الوقود الأحفوري. وتابع <فوجيشيما> وباحثون آخرون هذه الغاية باجتهاد وشغف ولكنهم، في نهاية المطاف، أيقنوا أن الوصول إلى مردود تجاري غاية بعيدة المنال.

لكن الدراسات بينت أن الأغشية الرقيقة من التيتانيا (مجال الثخانة ما بين النانومترات والميكرونات) أكثر فعالية من الجسيمات الكبيرة. وعندما انضم <فوجيشيما> في عام 1990 إلى <K. هاشيموتو> [من جامعة طوكيو] و <T. واتانابي> [من مصانع إنتاج الأدوات الصحية (توتو TOTO)]، اكتشف هؤلاء جميعا أن الأغشية التي رقّتُها من القياس النانوي والمنشطة بفعل الأشعة فوق البنفسجية لها **تأثير حفزي ضوئي** photocatalytic effect يؤدي إلى تفكيك المُركبات العضوية ـ بما فيها المُركبات الموجودة في جدران خلايا البكتيرات ـ وتحولها إلى ثنائي أكسيد الكربون وماء.

وتعود صفة الحفزية الضوئية في التيتانيا إلى أنها من **أشباه الموصلات** semi-conductor، ويعني ذلك أنه لا يلزم سوى كمية معتدلة من الطاقة لرفع إلكترون من ما يسمى **العصابة التكافئية** valence band من مستويات طاقة ممتلئة في المعدن عبر ما يعرف باسم فجوة أو **فرجة عصابية** band gap (مؤلفة من مستويات طاقية محظورة) إلى «**عصابة النقل**» conduction band، حيث يمكن أن تتحرك الإلكترونات وتنقل التيار. ويستطيع، في حالة التيتانيا، أن يقوم فوتون من الضوء فوق البنفسجي طول موجته نحو 388 نانومترا بالمهمة. وفي سياق العملية تنتج شحنتان حُرّتان: الإلكترون الذي رفع إلى عصابة النقل والثقب الذي خلفه وراءه في عصابة التكافؤ والذي يسلك سلوكا مشابها تماما لجسيم ذي شحنة موجبة [*انظر المؤطر في الصفحة 52*]. وتستطيع هاتان الشحنتان طالما بقيتا حرتين، أن تتفاعلا مع الماء والأكسجين عند سطح التيتانيا، منتجتين **أنيونات جذور أكسيد فائق** superoxide radical anions (O_2^-) وجذور هيدروكسيل (OH^-) ـ وهي أنواع كيميائية شديدة الفعالية يمكنها تحويل المركبات العضوية إلى ثنائي أكسيد كربون وماء.

وفي منتصف التسعينات، توصل أولئك اليابانيون الثلاثة إلى اكتشاف مهم آخر يتعلق بالتيتانيا، عندما حضّروا غشاء رقيقا من معلق مائي لجسيمات التيتانيا، ثم قاموا بإحمائه إلى الدرجة 500 سيلزية. وعندما عرّض هؤلاء العلماء الغشاء الشفاف الناتج إلى الأشعة فوق البنفسجية تبين أنه يتمتع بصفة استثنائية هي قابلية الابتلال التام ـ زاوية التماس تساوي صفر درجة ـ بالماء والزيت. لقد قام الضوء فوق البنفسجي بإزالة بعض ذرات الأكسجين من سطح التيتانيا محدثا عليه رقعا نانوية المقياس **امتزت** adsorbed فيها زمر الهيدروكسيل، مما يؤدي إلى ظهور صفة المحبة الفائقة للماء. وعدت المناطق التي تقع خارج هذه الرقع مسؤولة عن الألفة الشديدة للزيت. ويستمر هذا التأثير عدة أيام بعد انتهاء التعريض للضوء فوق البنفسجي، ولكن التيتانيا تعود ببطء إلى حالتها الأصلية طالما أبقيت في الظلام.

وعلى الرغم من أن ذلك مخالف تماما لصفة صد الماء التي تتميز بها أوراق اللوتس، فقد تبين أن محبة التيتانيا الفائقة للماء مفيدة في عمليات التنظيف الذاتي؛ فالماء يميل إلى الانتشار على كامل السطح مشكلا ملاءة تستطيع جرف الأوساخ في جريانها على السطح. وكذلك يقاوم السطح الضبابية، لأن الماء المتكاثف يسيل عليه بدلا من أن يتحول إلى آلاف النقيطات الصغيرة المؤلفة للضباب. وتكتسب الأغراض المطلية بالتيتانيا صفة إزالة الروائح وإبادة البكتيرات، إضافة إلى صفة التنظيف الذاتي بسبب ما تمتلكه من قدرة على تخريب العضويات وقتل البكتيرات بسبب خاصية التأثير الحفزي الضوئي للتيتانيا.

وتزدهر اليوم صناعة التغليف والطلي بالتيتانيا. فمثلا، تنتج مصانع TOTO طيفا واسعا من المنتجات

علاقات حب ـ كره(**)

بعض السطوح، من المحبة للماء إلى الكارهة له، وزوايا تماسها التقريبية:

- **فائقة المحبة للماء: أغشية رقيقة من التيتانيا، 0 درجة** (*انظر المؤطر في الصفحة 52*).
- **محبة للماء : زجاج النوافذ العادي، 30 درجة.**
- **كارهة للماء : التيفلون، 100 درجة.**
- **فائقة الكره للماء: أوراق اللوتس، 160 درجة.**

(*) ONE WAY TO STAY CLEAN
(**) LOVE-HATE RELATIONSHIPS

www.alkottob.com

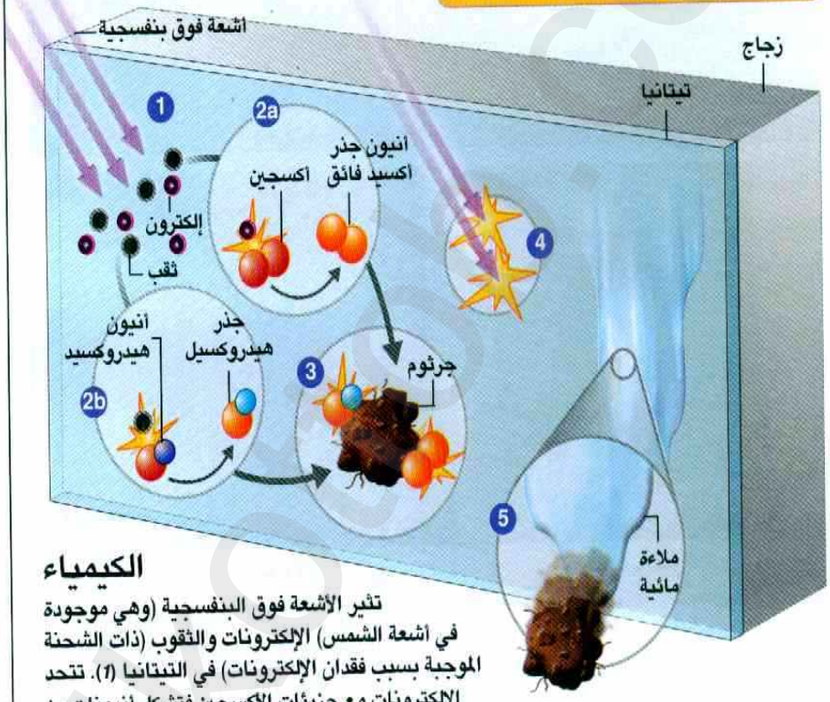
www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

تيتانيا ذاتية التنظيف(*)

تمتلك الأغشية الرقيقة من التيتانيا خاصية معاكسة تماما للوتس ـ محبة فائقة للماء ـ ومع ذلك فإن الأوساخ تنفض عنها، وهي كذلك مضادة للبكتيرات.

ماذا يفعل الماء

يشكل الماء على مادة فائقة المحبة للماء ملاءة تغطي سطحها، ومن ثم يقوم بتحريك الأوساخ بسهولة عند جريانه. وتمنع المحبة الفائقة للماء أيضا تشكل الضباب على السطح، لأن الماء ينتشر عليه بدلا من تشكيل عدد لا يحصى من النقيطات المسببة للضباب.



الكيمياء

تثير الأشعة فوق البنفسجية (وهي موجودة في أشعة الشمس) الإلكترونات والثقوب (ذات الشحنة الموجبة بسبب فقدان الإلكترونات) في التيتانيا (1). تتحد الإلكترونات مع جزيئات الأكسجين فتشكل أنيونات من جذور فائق الأكسيد المشحونة سلبا (2a)، وتتحد الثقوب مع أنيونات الهيدروكسيد من الماء لتشكل جذور هيدروكسيد متعادلة (2b). تقتل تلك الأنواع الشديدة الفعالية الجراثيم وتفكك المواد العضوية على السطح (3). وتغير الأشعة فوق البنفسجية أيضا بنية غشاء التيتانيا فتجعله فائق المحبة للماء (4)، مما يسمح للماء بجرف الأوساخ (5).

الذاتية التنظيف والمحفزة ضوئيا، مثل بلاط السيراميك للاستعمال الخارجي، وقد قامت بترخيص هذه التقانة في جميع أرجاء العالم.

وبالنظر إلى أن الأغلفة النانوية للتيتانيا شفافة، لذلك تطورت صناعة زجاج النوافذ المعالج بها. ففي عام 2001، طُرح ـ أول مرة ـ في الأسواق **الزجاج الفعال** Active Glass الذي طورته شركة پيلكينجتون التي تعد كبرى شركات إنتاج الزجاج في المملكة المتحدة. يجري تشكيل الزجاج عموما، في نحو الدرجة 1600 سيلزية على سرير من الرصاص الذائب. ويمرر في عملية تصنيع الزجاج الفعال بخار رباعي كلوريد التيتانيوم فوق سطح الزجاج في إحدى مراحل التبريد اللاحقة، فتتوضع بذلك طبقة من التيتانيا ثخانتها أقل من 20 نانومترا. وسرعان ما أصبح الزجاج الفعال هو الاختيار الأمثل في إنشاءات مثل أسقف المستنبتات والمراصد ومرايا السيارات الجانبية في المملكة المتحدة.

ولكن لسوء الحظ، زجاج النوافذ العادي يحجز أطوال الموجات فوق البنفسجية التي تُفعِّل التأثير الحفزي الضوئي للتيتانيا. ولذلك فإن الطبقات النانوية للتيتانيا أقل فائدة في داخل المنزل مما هي عليه خارجه. ولحل هذه المسألة يُلجأ إلى **تطعيم** doping التيتانيا بمواد أخرى، كما يطعم السيليكون وأشباه الموصلات الأخرى في صناعة الإلكترونيات. يُنقص التطعيم فجوة عصابة المادة، مما يعني أن الموجات الأكثر طولا للإضاءة المنزلية الداخلية يمكنها تفعيل الحفز الضوئي. وفي عام 1985، اكتشف <S. ساتو> [من جامعة هوكادو اليابانية]، عن طريق الحدس، فائدة تطعيم التيتانيا بالنيتروجين. كما يمكن استعمال الفضة في تطعيم التيتانيا. ولكن لم تثمر تلك المقاربات في العمليات التجارية إلا في السنوات الأخيرة.

ويتوقع أن تلاقي خواص إزالة الروائح وإبادة البكتيرات التي تتصف بها التيتانيا المطعمة تطبيقات واسعة في المطابخ والحمامات. وكذلك تستعمل التيتانيا في المنسوجات الذاتية التنظيف وتتصف بميزة إزالة الروائح. وقد صممت تقانات متنوعة لربطها بخيوط النسيج بما في ذلك تقانة الارتباط الكيميائي المباشر.

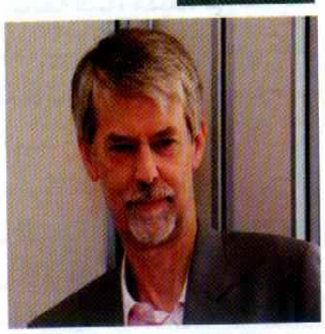
تقارب الأضداد(**)

تبدو المواد المستلهمة من اللوتس والأغشية الرقيقة القائمة على التيتانيا كنقيضين قلما نصادفهما في حياتنا اليومية، حيث ينطبق قول الشاعر الإنكليزي <Ph. لاركين> «لا شيء يصبح بعد استخدامه جديدا ولا شيء يجعله الغسل تام النظافة.» لقد بقيت التقانات لزمن طويل مختلفة كليا عن المواد، وكانت دراسة تأثير الكره الفائق للماء ودراسة تأثير المحبة الفائقة للماء ذات الحفز الضوئي منفصلتين كليا. وحديثا حصل تقارب كبير في هاتين الدراستين، عندما قام الباحثون بالعمل على جمع التأثيرين ووضعهما في المادة نفسها. ويحاول الباحثون كذلك اكتشاف طرائق تمكنهم من جعل البنية ذاتها تتحول من الكره الفائق للماء إلى المحبة الفائقة للماء وبالعكس.

لقد بدت أول ملامح التقارب في عام 2000 في عمل لرواد التيتانيا الأوائل: <فوجيشيما> و<واتانابي> و<هاشيموتو>، إذ أرادوا استخدام التيتانيا في إطالة حياة السطوح ذات «التأثير اللوتسي». وبدا للوهلة الأولى أن هذه المقاربة آيلة إلى الفشل؛ إذ يتوقع أن تهاجم الفعالية الحفزية الضوئية للتيتانيا الأغلفة الشمعية الكارهة للماء

(*) SELF-CLEANING TITANIA
(**) Convergence of Opposites

المؤلف



Peter Forbes

كاتب علمي يعيش في لندن، وقد شرح في كتابه «قدم الوزغة» Gecko's Foot (الوزغة من الزواحف زهرية اللون تعيش في المنازل وتدعى أيضا أبو بريص) عددا متنوعا من التقانات المستلهمة من الطبيعة أو المقلدة لما هو موجود فيها. (الناشر: W. W. Norton, 2000).

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

للسطوح اللوتسية وتخرب التأثير. وبالفعل يحدث مثل ذلك الهجوم في تراكيز عالية من التيتانيا. ولكن مجموعة العمل وجدت أن إضافة كمية صغيرة من التيتانيا يمكن أن تطيل بشكل كبير فعالية «تأثير اللوتس» دون أن تغير كثيرا من قيمة زاوية التماس العالية اللازمة لحدوث الصد القوي.

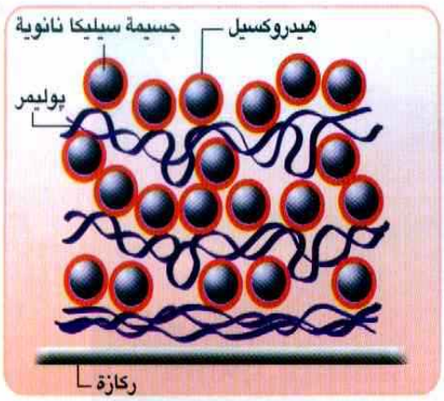
اكتشف مختبر روبنر وكوهين في معهد ماساشوستس للتقانة في عام 2003 كيف يمكن لتغيير صغير في البناء الحسم في مسألة الحصول على سطح محب للماء أو كاره له. ويقول <روبنر>: إنه أثناء زيارته للصين في ذلك العام «أثارت اهتمامي بعض البنى الفائقة الكره للماء التي ورد ذكرها في المؤتمر.» ولدى عودته، وجّه بعض أعضاء مجموعته البحثية نحو محاولة صنع مثل تلك البنى. وطور مختبره تقانة طبقة ـ فوق ـ طبقة لصنع أغشية رقيقة من مجموعة من المركبات تُدعى **البولي إلكتروليتات** polyelectrolytes. والإلكتروليتات العادية هي مواد تنفصم عندما تذوب في الماء إلى أيونات مشحونة بشحنة موجبة وأخرى مشحونة بشحنة سالبة، ومثالها ملح الطعام العادي وحمض الكبريت (السلفوريك). وتعد البولي إلكتروليتات پوليمرات عضوية، أو مواد بلاستيكية، لكنها بخلاف معظم البوليمرات تحمل شحنة إما موجبة أو سالبة. وقام <روبنر> و<كوهين> **بمراكمة**(١) طبقات متناوبة من هيدروكلوريد البولي (أليل أمين) موجب الشحنة وجسيمات السيليكا سالبة الشحنة. (وكانا في عمل سابق قد استعملا التغليف في جسيمات السيليكا مقلدين سطح اللوتس الكاره للماء.)

وأضاف <روبنر> و<كوهين> إلى هذه الطبقات المتعددة غلافا نهائيا من السيليكون (مادة كارهة للماء)، ولاحظا أثناء العمل أمرا مثيرا للاهتمام؛ إذ قبل إضافة غلاف السيليكون كانت الكعكة ذات الطبقات فائقة المحبة للماء. لقد أنشأت طبقات السيليكا في تجاربهما منطقة واسعة مكتظة بثقوب نانوية مشكلة بذلك إسفنجة تمتص فورا أي ماء سطحي، وتدعى هذه الظاهرة ظاهرة **الفتيلة النانوية** nanowicking (الآلية نفسها التي تجعل الوقود يسيل في فتيلة مصباح يعمل على الزيت أو الكحول). ووجدا أن الطبقات المتعددة من السيليكون والپوليمر التي طوروها لا يمكن أن يغشاها الضباب حتى لو وضعت فوق الماء المتبخر، إذ عندما تشبع الثقوب يبدأ الماء بالجريان من الحافة. وعندما تتلاشى ظروف الابتلال يتبخر الماء في الفتائل النانوية ببطء حتى الجفاف.

ويُعدُّ تطبيق تقانة الطبقات المتعددة على الزجاج مناسبا جدا؛ لأن الزجاج هو في معظمه مؤلف من السيليكا، ولا تكون فيه الأغلفة الفائقة المحبة للماء شفافة فحسب وإنما تكون أيضا مضادة للضباب ومضادة للانعكاس. ويعمل فريق روبنر حاليا مع شركاء في الصناعة على تحويل اكتشافهم إلى منتجات تجارية. وتتضمن التطبيقات المحتملة لهذا العمل مرايا الحمامات التي لا يغشاها الضباب إطلاقا والزجاج الأمامي للسيارات الذي لا يستلزم مطلقا تشغيل نافخة الهواء في صباح أيام الشتاء الباردة والمطيرة. وبخلاف التيتانيا، تعمل سطوح روبنر بالكفاءة نفسها في الضوء والظلام.

أغلفة مضادة للضباب(*)

طور الباحثون في معهد ماساشوستس للتقانة أغلفة فائقة المحبة للماء متعددة الطبقات تتميز بأنها مضادة للضباب ومضادة للانعكاس.



تشكل طبقات متعاقبة من البوليمر وجسيمات نانوية من السيليكا (ذات زمر من الهيدروكسيل مرتبطة على سطحها) غلافا فائق المحبة للماء يمكن استخدامه في معالجة الزجاج ومواد أخرى. يكون سطح الغلاف خشنا ومن قياس نانوي، ولكن زمر الهيدروكسيل تتميز بمحبة عالية للماء، مما يساعد الثقوب النانوية القياس ضمن الطبقات المتعددة على امتصاص الماء كالإسفنج، ومن ثم إبعاده فورا عن السطح وفق ظاهرة التشرب الفتيلي.

شريحة زجاجية مُعالجة بالطبقات المتعددة المذكورة سابقا، تبقى صافية حتى لو بردت ثم وضعت في هواء رطب ودافيء (*يسار الصورة*) ـ وهي شروط تؤدي دائما إلى تشكل غمامة ضبابية على الزجاج غير المعالج (*يمين الصورة*).

خنافس ذكية(**)

قبل ملايين السنين من بدء العلماء بالتفكير في التطبيقات التقانية لمسألتي التأثير اللوتسي والابتلال الفائق، كانت خنفساء صغيرة تعيش في صحراء ناميبيا في جنوب إفريقيا مشغولة بتطبيق هذين التأثيرين باتجاه آخر هو جمع الماء اللازم لاستمرار بقائها.

وتعرف الصحراء الناميبية بأنها مكان غير صالح للعيش إلى حدّ كبير، حيث تصل درجة الحرارة في النهار إلى نحو 50 درجة سيلزية والمطر نادر جدا. والمصدر الوحيد للرطوبة في تلك الأصقاع ضباب صباحي كثيف يسوقه نسيم قوي. وقد قامت الخنفساء من فصيلة ستينوكارا *Stenocara sp.* بتطوير طريقة لجني الماء من الضباب؛ فهي تقرفص متجهة برأسها نحو الأسفل وبظهرها نحو الأعلى بمواجهة الريح الضبابية. يتكثف الماء

يتوقع أن يكون لخواص التيتانيا المطعمة المضادة للبكتيرات والمزيلة للروائح تطبيقات واسعة في المطابخ والحمامات.

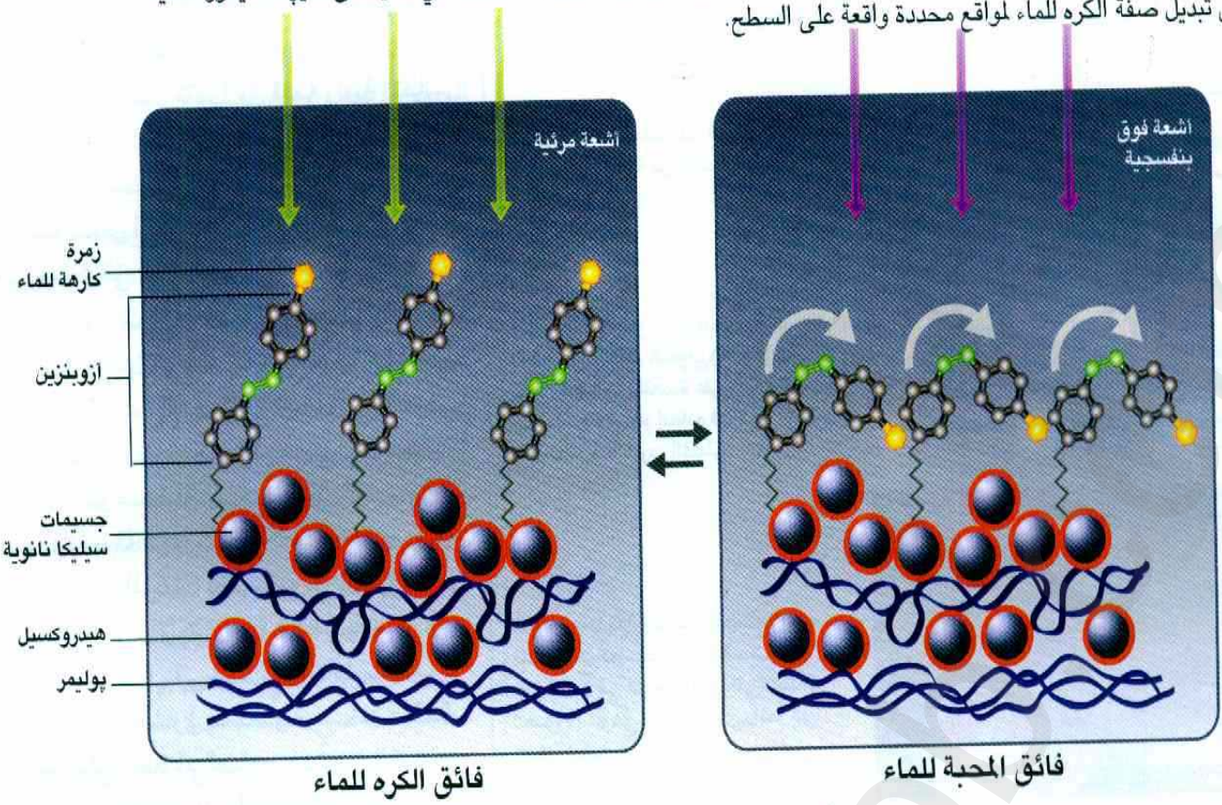
(*) ANTIFOGGING COATINGS
(**) Smart Beetles
(١) stach up يُراكم أو يُكدّس.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

سطوح متبدلة(*)

يأمل العلماء بالتحكم في حركة الموائع عبر شبكات من الأقنية الميكروسكوبية (المجهرية) الموجودة في ما يسمى شيپات ميكُرومائعية عن طريق تبديل صفة الكره للماء لمواقع محددة واقعة على السطح.



قام الباحثون في جامعة بوهانك للعلوم والتقانة في كوريا الجنوبية بربط جزيء أساسه أزوبنزين في أعلى طبقات متعددة من البوليمر والسيليكا [*انظر المؤطر في الصفحة 53*].

يؤدي وجود زمرة كارهة للماء في نهاية الجزيء إلى جعل السطح فائق الكره للماء (*في اليسار*)، وذلك إضافة إلى خشونة الطبقات. ولكن عند التعرض للضوء فوق البنفسجي ينحني الجزيء دافنا الزمرة الكارهة للماء وجاعلا السطح فائق المحبة للماء (*في اليمين*). ويقوم الضوء المرئي فورا بإعادة الوضع إلى ما كان عليه أصلا.

في حالة السطح المعالج، يتمسك الماء بالمناطق التي أصبحت فائقة المحبة للماء بفعل بقع مربعة من الضوء فوق البنفسجي؛ أما الماء الموجود في المناطق الأخرى فيشكل نقاطا كروية، مثل تلك المميزة لتأثير اللوتس.

بهذه الطريقة فوق ظهرها ويسيل متجها نحو فمها.

لقد استلهم العلماء، من الأساس العلمي الذي تقوم عليه تقانة خنفساء الستينوكارا، العديد من الأفكار الخاصة بتقانات جمع الماء في المناطق الجافة.

وكما يحدث غالبا، فإن الآلية التي تتبعها الخنفساء اكتشفها باحث كان يتقصى أمرا مختلفا تماما. فقد تصادف في عام 2001 أن شاهد العالم المختص بعلم الحيوان <A. R. باركر> [وكان يعمل حينذاك في جامعة أكسفورد] صورة لخنافس تأكل جرادة في الصحراء النامیبية. ولا بد أن تكون الجرادة التي قذفتها رياح المنطقة القوية قد لاقت حتفها جراء الحرارة حالما اصطدمت بالرمال. ومع ذلك، فقد بدت الخنافس التي تأكل من تلك الوليمة الفاخرة التي ساقتها الرياح مرتاحة جدا، لذلك توقع <باركر> أن تمتلك تلك الخنافس سطوحا عاكسة للحرارة ومتطورة.

وتبين أن خنافس الستينوكارا تعكس الحرارة بالفعل. و بمجرد أن فحص <باركر> ظهورها توقع فورا وجود توظيف لتأثير اللوتس في عملية التجميع الصباحي للماء التي تقوم بها. إن معظم سطح خنفساء الستينوكارا ذو نتوءات وشمعي وفائق الكره للماء، مع أن قمم تلك النتوءات خالية من الشمع ومحبة للماء. تلتقط تلك البقع المحبة للماء الماء من الضباب مشكلة نقيطات مائية تنمو بسرعة إلى حجم لا تستطيع الثقالة الأرضية ولا المناطق الفائقة الكره للماء المحيطة تحمله فتسيل. ووجد <باركر> نتيجة تجارب قام بها في المختبر أن تلك الترتيبات المناطقية ذات كفاءة تعادل نحو ضعف كفاءة السطح الأملس الموحد، بصرف النظر عن كونه محبا للماء أو كارها له.

وقام <باركر> بتسجيل براءة اختراع لتصميم يقلد عمل الخنفساء، ويقوم المتعهد في وزارة الدفاع البريطانية <كينيتي كيو> QinetiQ بتطوير التصميم المذكور لاستعماله في الحصول على الماء في المناطق الجافة. وهناك محاولات أخرى لتقليد الستينوكارا، فقد قام <روبنر> و<كوهين> وفريقهما في عام 2006 بإحداث بقع من السيليكا الفائقة

(*) SWITCHABLE SURFACES

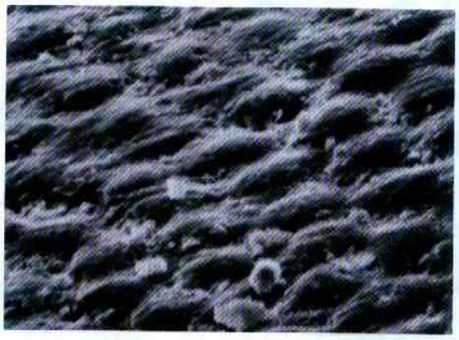
يتيح «علم الابتلال الفائق» الجديد المجال لتطبيقات تتعدى بكثير مسألة المحافظة على نظافة السطح.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

جني الماء(*)

يطور الباحثون، مقتدين بخنفساء الصحراء، نبائط تجمع ما بين تأثير اللوتس والكراهية الفائقة للماء، وذلك لجني الماء من الهواء في المناطق الجافة النائية.



تجمع الخنفساء *Stenocara sp.* الماء من ضباب الصباح الذي تسوقه الريح في الصحراء الناميبية، بأن تنحني رافعة ظهرها في مواجهة الريح (*الصورة اليمنى*). إن ظهرها في معظمه فائق الكره للماء بفضل النتوءات التي قياسها نحو 0.5 مليمتر والخشونة الميكروسكوبية لسطحها الشمعي (*الصورة اليسرى*). تتشكل نقيطات الماء على مناطق محبة للماء شديدة الصغر في قمم النتوءات وتسيل نحو فم الخنفساء.

المحبة للماء على الطبقات المتعددة الفائقة الكره للماء. وكان ذلك أكثر فعالية مما هو موجود لدى الخنافس التي بقعها محبة للماء فحسب.

ويتيح علم الابتلال الفائق الجديد المثل بسطوح الستينوكارا الاصطناعية المجال للتحكم في تدفق الموائع وفق المقياسين الميكْروي والنانوي، والاستفادة من ذلك في التطبيقات التي ترمي إلى أهداف أبعد من إبقاء سطح ما نظيفا طول الوقت. ويقول <روبنر>: «عندما تدرك أنه يمكن جعل السطوح المصنعة إما فائقة الكره للماء أو فائقة المحبة له اعتمادا على كيمياء قمم السطح، فإن جميع الاحتمالات تصبح مفتوحة أمامك.» وعلى الأخص صنع سطوح متبدلة ـ سطوح يمكن عكس ابتلالها في مواقع محددة تماما.

ويمكن تحقيق هذا التناغم بعدد من الوسائل، مثل: الضوء فوق البنفسجي والكهرباء ودرجة الحرارة والمذيب والحموضة. وفي عام 2006 توصل فريق بقيادة <K. تشو> [من جامعة بوهانگ للعلوم والتقانة في كوريا الجنوبية] إلى التبدُّلية الكاملة بإضافة مركب مبني على جزيء آزوبنزين إلى سطح مُسَلْكَن siliconized (فائق الكره للماء) مؤلف من طبقات عديدة من السيليكا ـ پولي إلكتروليت. ويكون السطح الناتج الجديد فائق الكره للماء أيضا، ولكن عندما يغير مركب الآزوبنزين **تشكيله** configuration بفضل الضوء فوق البنفسجي يتحول السطح إلى فائق المحبة للماء [*انظر المؤطر في الصفحة المقابلة*].

ويعكس الضوء المرئي التغير السابق. وقد يكون لمثل هذا النوع من التحكم تطبيقات كبيرة في حقل المائعية الميكْروية، مثل **الصفائف الميكْروية** microarrays التي تستعمل اليوم في **فرز** screening الأدوية وبعض الاختبارات البيوكيميائية الأخرى [انظر: «مختبر كبير على شيبة بالغة الصغر»، **العلوم**، العددان 2/1 (2008)، ص 60]؛ إذ يمكن مثلا إغلاق أو فتح الممرات المحبة للماء بتبديل أجزائها لتصبح كارهة للماء أو محبة له.

البقاء جافا تحت الماء(**)

إن إحدى المفاجآت السارة التي حملها إلينا القرن الحادي والعشرون هي أن إشعاع اللوتس قد أثار مسألة شقوق المئزر وتجاعيده غير المعروفة سابقا، ليتجاوز بذلك تطبيقات التنظيف الذاتي.

و<بارثلوت> الذي أدرك الإمكانات التي تملكها نقطة من الماء على ورقة لوتس، يرى اليوم أفقا يكاد يكون غير محدود من التطبيقات. وقد حذّر أولئك الذين يرغبون في نقل ما يجري في الطبيعة إلى مجال التقانة من احتمال مواجهة الكثير من التشكيك كما حصل معه. ويقول ناصحا: «ثق بعينيك وليس بالكتب المرجعية، وإذا ما تأكدت مراقباتك وتكررت فانشرها، وتنفس بعمق متوقعا رفض نشر مقالتك.»

وليس من المستغرب أن يكون <بارثلوت> مؤيدا متحمسا لقضية **التنوع الحيوي** biodiversity وينبه باستمرار إلى وجود عدد كبير من النباتات والحيوانات الأخرى التي قد يكون لها خواصٌ مفيدة ـ ومن المحتمل أن تتضمن أنواعا غير معروفة للعلم ومهددة بالانقراض. ويتناول في أبحاثه الحالية موضوع الكراهية الفائقة للماء تحت الماء. وأوجد <بارثلوت>، بعد الانتهاء من دراسة عن كيفية قيام بعض النباتات، مثل خس الماء پيستيا *Pistia* والسرخس العائم *سالفينيا Salvinia*، باحتجاز الهواء على سطوح أوراقها، أقمشة بإمكانها البقاء جافة وهي مغمورة في الماء مدة أربعة أيام. ويتوقع أن يكون التطبيق المحتمل لذلك صناعة ألبسة سباحة غير قابلة للابتلال. ولكن الأهمية الكبرى ستكون في إنقاص قيمة **المقاومة** drag التي تتعرض لها أجسام السفن. وإذا كان اللوتس لا يجمع الأوساخ، إلاّ أنه يلهم بالتأكيد سلسلة من براءات الاختراع المثيرة للإعجاب. ■

(*) WATER HARVESTING
(**) Staying Dry Underwater
(***) BIOMIMETICS

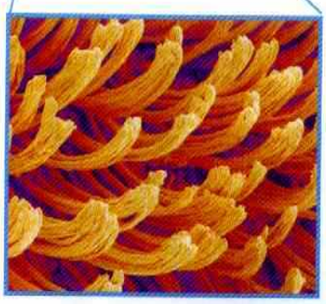
محاكيات بيولوجية(***)

تتضمن الاستلهامات البيولوجية تقانات قيد التطوير منها:

شعر نانوي (*الأسفل*) يسمح للوزغة (أبي بريص) بالمشي على سقوف المنازل.

غراء بلح البحر Mussel (ضرب من الرخويات) يمكن استعماله تحت الماء.

خيوط عنكبوت أقوى من الفولاذ وزنا لوزن.



مراجع للاستزادة

The Lotus Effect. Hans Christian von Baeyer in *The Sciences*, Vol. 40, No. 1, pages 12–15; January/February 2000.

Water Capture by a Desert Beetle. Andrew R. Parker and Chris R. Lawrence in *Nature*, Vol. 414, pages 33–34; November 1, 2001.

Self-Cleaning Surfaces—Virtual Realities. Ralf Blossey in *Nature Materials*, Vol. 2, No. 5, pages 301–306; May 2003.

The Gecko's Foot. Peter Forbes. W. W. Norton, 2006.

Patterned Superhydrophobic Surfaces: Toward a Synthetic Mimic of the Namib Desert Beetle. Lei Zhai et al. in *Nano Letters*, Vol. 6, No. 6, pages 1213–1217; June 2006.

The Dream of Staying Clean: Lotus and Biomimetic Surfaces. Andreas Solga, Zdenek Cerman, Boris F. Striffler, Manuel Spaeth and Wilhelm Barthlott in *Bioinspiration & Biomimetics*, Vol. 2, No. 4, pages S126–S134; December 2007.

Scientific American, August 2008

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

خلاياك هي خلاياي(*)

لدى العديد من الناس، وربما جميعهم، عدد قليل من خلايا أفراد مختلفين عنهم جينيًا آتية من أمهاتهم، أو من أبنائهن بالنسبة إلى الأمهات اللاتي كن حوامل. فماذا يفعل هؤلاء الغرباء في الجسم؟

<J. L. نيلسن>

«أنا متعدد المحتوى»، هذا ما يرد في أحد أسطر قصيدة <W. وايتمان> المعنونة «أغنية عني». لم يكن <وايتمان> يفكر في مصطلحات بيولوجية، ولكن للسطر صدى بيولوجيا. تقترح دراسات حديثة أن كل واحد منا يمتلك ـ إضافة إلى تريليونات الخلايا المتحدرة من البويضات المخصبة التي نشأنا عنها ـ كادرًا من الخلايا التي اكتسبناها من أفراد آخرين مختلفين جينيا. نتلقى في الرحم سيلا منها من أمهاتنا. فالأمهات اللاتي يصبحن حوامل يجمعن أيضا عينات مطروحة من الجنين النامي.

ليس مدهشا أن تَعْبُر هذه الخلايا المشيمة. فالنسيج الذي يصل الأم بالجنين ليس حاجزا غير قابل للنفاذ. إنه أشبه بمنفذ عبور اختياري يسمح، على سبيل المثال، بمرور المواد اللازمة لتنامي الجنين. إلا أن الأمر اللافت هو مدى قدرة **الخلايا المهاجرة** migrant cells على البقاء عند مضيفها الجديد ودورانها في الدم وحتى الاستقرار في أنسجة مختلفة. إن تمازج بعض خلايا شخص ما داخل جسم شخص آخر ـ في ظاهرة تسمى **كيمرة**(١) **ميكروية** microchimerism ـ يلقى الآن تمحيصا دقيقا من الباحثين الطبيين لوجود بشائر بأن هذه الظاهرة قد تسهم في حالتي الصحة والمرض. إن الفهم الأفضل لنشاط **الخلايا المنتقلة** transferred cells وفاعليتها يمكن أن يسمح يوما ما **للإكلينيكيين**(٢) بأن يسخروا التأثيرات المفيدة المستخفية لهذه الخلايا عندما يحدون من تأثيراتها الهدمية المحتملة.

مفاجأة تلو أخرى(**)

منذ حوالي 60 سنة، جمع العلماء تلميحات مبكرة تشير إلى أن **خلايا الأم** mother's cells يمكن أن تمر إلى جنينها، وذلك عندما وصف تقرير انتقال **خلايا سرطان جلد أمومية** maternal skin cancer cells إلى المشيمة والوليد. وفي الستينات، بدأ البيولوجيون يدركون أن **خلايا الدم الأمومية السوية** normal maternal blood cells يمكن أيضا أن تجد طريقها إلى الجنين.

إن البيانات التي تقترح مرور الخلايا في الاتجاه المعاكس أيضا ـ من الجنين إلى الأم ـ تعود في القدم حتى عام 1893، عندما اكتشف عالم أمراض ألماني علامات هذا الانتقال في رئات نساء توفين بسبب **اضطراب فرط ضغط الدم الناجم عن الحمل**(٣). ومع ذلك، فإن انتقال **خلايا جنينية** fetal cells إلى أمهات سليمات لم يتم توثيقه بشكل جيد في البشر حتى عام 1979، عندما أشار <A. L. هرزنبرگ> وزملاؤه [بجامعة ستانفورد ـ كلية الطب] في مقالة شكلت معلما، إلى وجود **خلايا ذكرية** male cells [تلك التي تحتوي على **الكروموسوم**(٤) Y] في دماء نساء كن حوامل بذكور.

وعلى الرغم من وجود أدلة على **المرور الخلوي في الاتجاهين**(٥) بين الأم والجنين، فإن البيولوجيين فوجئوا في التسعينات عندما عرفوا بأن عددا قليلا من **الخلايا الغريبة** foreign cells يبقى حيا وغالبا بشكل دائم عند أفراد أصحاء. وبينت دراسات مبكرة حول الانتقال من الأم إلى الطفل إمكانية بقاء خلايا أمومية حية في أطفال مصابين **بعوز مناعي مشترك**(٦) حاد، وهو اضطراب يفقد فيه الأفراد المصابون به خلايا ذات دور حرج في **صراع العدوى (الخمج)**(٧). لكن العلماء افترضوا أن الكيمرة الميكروية المستمرة عند هؤلاء الأطفال قد نجمت عن مرضهم، وأن الجهاز المناعي السوي سيتلف أي خلايا أمومية كامنة عند الطفل.

لقد تغير هذا التفكير عندما وجدت وزملائي

مفاهيم مفتاحية

- يقترح بحث جديد أن كل واحد منا يؤوي بعض الخلايا التي نشأت عند أفراد آخرين متميزين جينيا، وهي حالة تسمى كيمرة ميكروية. نحتفظ جميعنا، على الأرجح، بخلايا اكتسبناها من أمهاتنا أثناء الحمل، والنساء اللاتي كن حوامل يحتفظن بخلايا آتية من الجنين.
- يمكن أن تبقى الخلايا المكتسبة لعقود، كما يمكن أن تؤسس مقرا لها داخل الأنسجة لتصبح جزءا مكملا لأعضاء الجسم.
- قد تسهم الكيمرة الميكروية في هجوم مناعي في بعض الحالات، لكنها تساعد على علاج الجسم في حالات أخرى. هذه التأثيرات تجعل الخلايا المكتسبة مثار اهتمام كأهداف جديدة للعلاجات التي قد تكبح المناعة الذاتية أو تعزز تجدد الأنسجة التالفة.

محررو ساينتفيك أمريكان

(*) Your Cells Are My Cells
(**) Surprise after Surprise
(١) أو خيمرية.
(٢) أو السريريين.
(٣) hypertensive disorder of pregnancy
(٤) أو الصبغي.
(٥) two-way cellular traffic
(٦) combined immunodeficiency
(٧) infection-fighting cells

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

خلايا أمومية عند أشخاص بالغين يتمتعون بجهاز مناعي سوي، أحدهم بعمر 46 سنة. ومنذ عدة سنوات، تم الوصول إلى الدليل على أن خلايا جنينية يمكن أيضا أن تظل عند الأمهات، وذلك عندما وجدت <D. W. بيانكي> [من جامعة تافتس] **دنا ذكريًا** male DNA عند نساء أنجبن أبناء منذ عقود. (وفي دراسات كثيرة، تحرى الدارسون وجود خلايا ذكرية عند نساء، وقدّروا عدد تلك الخلايا بقياس كمية الدنا الذكري في عينات دم أو أنسجة من نساء).

كيف يمكن للخلايا المنتقلة أن تظل حية طوال هذه المدة؟ غالبية الخلايا تعيش فترة محدودة ثم تموت. **والخلايا الجذعية** stem cells هي الاستثناء، حيث يمكن أن تنقسم بشكل لانهائي وتُنشئ أطقما من أنماط **الخلايا المتخصصة** specialized cells، كتلك التي تُكوّن الجهاز المناعي أو نسيج عضو ما. إن اكتشاف الكيمرة الميكروية الطويلة الأمد ينطوي على أن بعض الخلايا المهاجرة كانت خلايا جذعية أو قريبات متحدرات منها. وقد دعمت التجارب لاحقا هذا الافتراض. أفكر أحيانا في **الخلايا الجذعية المنتقلة** transferred stem cells أو في **الخلايا الشبيهة الجذعية** stemlike cells كبذور منثورة عبر الجسد تتجذر وتترسخ في النهاية وتصبح جزءا من الصورة.

نقل بالاتجاهين: أثناء الحمل، تعبر بعض الخلايا من الأم إلى طفلها، وبعضها يذهب من الطفل إلى الأم. يمكن لجزء من هذه الخلايا أن يبقى لدى المضيف الجديد. هذه الحالة تدعى كيمرة ميكروية microchimerism.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

والدتي، نفسي(*)

إن وجود خلايا الأم عند ذريتها ـ وتسمى **كيمرة ميكروية أُمومية** maternal microchimerism ـ هو على الأرجح سيف ذو حدين: ضار في بعض الحالات لكنه ذو فائدة في بعضها الآخر. في الجانب السلبي، يمكن أن تسهم الخلايا الأمومية في أمراض مصنفة **أمراضَ مناعة ذاتية** autoimmune diseases، أي إن الجهاز المناعي يطلق ناره على أنسجة الجسم ذاته. ويبدو أن خلايا مصدرها الأم تؤدي دورا، على سبيل المثال، في **التهاب الجلد والعضل الشبابي** juvenile dermatomyositis، وهو اضطرابُ مناعة ذاتية يصيب بشكل أساسي الجلد والعضلات. وقد بيّن بحث أعدته في عام 2004 <M. A. ريد> [من مايو كلينيك] أن **خلايا مناعية أمومية** maternal immune cells معزولة من دماء مرضى قد تفاعلت مع خلايا أخرى في المرضى أنفسهم. وعندها اقترحت <ريد> ومعاونوها أن المرض يمكن أن يظهر عندما تتأثر بشدة الخلايا المناعية الأمومية المنتقلة في أنسجة الطفل.

يبدو أيضا أن الكيمرة الميكروية الأمومية تسهم ولو بشكل مختلف، في **متلازمة الذَّأَب الوليدي**(١) neonatal lupus syndrome التي يُعتقد أنها تنجم جزئيا عن الفعالية المخربة لبعض **الأضداد** antibodies التي ترتحل من الدورة الدموية للأم إلى دورة جنينها النامي. وهذه الأضداد على ما يبدو اتخذت لنفسها مقرا في نسيج الجنين، ومن ثَمَّ تجعل الوليد المُعَرض للخطر عُرضة لتنوع من المشاكل أشده التهاب في القلب مُهَدِّد للحياة.

ومع امتلاك أمهات الأطفال المصابين **للضد (للجسم المضاد) المسبب للمرض** disease-causing antibody في دورتهن الدموية، فهن أنفسهن غالبا ما يكن سليمات، والأطفال المولودون لاحقا من الأم نفسها يكونون غالبا غير مصابين. هذه الظاهرة جعلتني ومساعدي نشك، على الرغم من كون الأضداد مهمة في المرض، في أنها (أي الأضداد) ليست القصة كلها. في الواقع عندما فحصت <M. A. ستيفنس> [من فريقي] نسيج القلب لأولاد مصابين بذأب وليدي توفوا بسبب فشل قلبي، اكتشفت احتواءه على **خلايا أنثوية** female cells نعتقد أنها أتت من الأم. مثل هذه الخلايا كانت غائبة أو نادرة في الأجنة التي توفيت من أسباب أخرى. أكثر من 80 في المئة من هذه الخلايا الأمومية أنتجت بروتينات تشير إلى أنها لم تكن **خلايا دم دوّارة** circulating blood cells، بل كانت من مكونات عضلة القلب.

هذه الملاحظات المسجلة عام 2003، تدل ضمنيا على أن **الهجوم المناعي** immune attack في الذأب الوليدي ربما استهدف خلايا عضلة قلب الجنين المشتقة من الأم. قدمت النتائج أيضا برهانا على فكرة أن الخلايا المنتقلة من أم إلى جنين هي خلايا جذعية أو ذات علاقة بها، لأن الخلايا عند الذرية المصابة تمايزت بوضوح واندمجت في القلب. أيضا، تضيف هذه النتائج إلى نتائج أخرى سابقة أشارت إلى أن بعض الأمراض التي تعتبر أمراضَ مناعة ذاتية يمكن أن تحدث عندما يتفاعل الجهاز المناعي للمضيف بشكل سيئ، ليس تجاه الأنسجة الأصلية فحسب، وإنما أيضا تجاه **خلايا مكتسبة** acquired cells اتخذت هذه الأنسجة مقرا لها.

إلا أن عملا آخر أظهر أنه في بعض الحالات قد لا يدعو التمايز والاندماج إلى حدوث هجوم مناعي؛ بل إن **خلايا مندمجة** integrated cells في أنسجة قد تساعد على معالجة أعضاء تالفة. وفي عام 2002، بدأت مع العاملين بدراسة فيما لو أن الكيمرة الميكروية الأمومية تؤدي دورا في داء السكري من النمط 1 (المرتبط علاجه بالأنسولين). **واضطراب المناعة الذاتية** autoimmune disorder هذا هو الذي يُصيب بشكل رئيسي الأطفال والشباب (البالغين اليافعين)، ويزيل **خلايا بيتا** beta cells (المنتجة للأنسولين) من البنكرياس. لقد افترضنا أنه يمكن للخلايا الأمومية أن تطمر نفسها، أثناء الحمل، في بنكرياس الجنين وتتمايز لخلايا بيتا وتصبح لاحقا هدفًا لهجوم مناعي.

كنا محقين بالنصف فقط. فقد وجدنا في كثير من الأحيان كيمرة ميكروية أمومية في دماء مصابي السكري من النمط 1 بكميات أكبر منها عند إخوتهم غير المصابين أو عند أفراد أصحاء غير أقرباء. كما وجدنا خلايا أمومية منتجة للأنسولين في بنكرياس مُصابي السكري حُصل عليها بالتشريح. لكن بعد ذلك تعرضنا لمفاجأة، فقد اكتشفنا أيضا خلايا أمومية مُنتِجَة للأنسولين في غدد بنكرياس لأشخاص غير مصابين بالسكري، ولم نر دليلا على أن هذه الخلايا تكون أهدافا **للحاجز المناعي** immune barrage عند مصابي السكري؛ بل إن نتائجنا تدعم الاستنتاج بأن الخلايا الأمومية في بنكرياس مصابي السكري تحاول تجديد العضو المريض. هذه النتيجة، المنشورة في عام 2007، اقترحت أن الكيمرة الميكروية يمكن أن تُستثمر يوما ما لفائدة علاجية إذا وجدت طريقة لتحريض **الخلايا غير الأصلية** nonnative cells على أن تتكاثر وتتمايز

تلقى الكيمرة الميكروية حاليا تمحيصا دقيقا من قبل الباحثين الطبيين.

الكيمر في علم الأساطير(٢) كائن يجمع أجزاء من حيوانات مختلفة ـ أسد وماعز وثعبان. الشخص الذي يؤوي خلايا شخص آخر يسمى كيمري ميكروي microchimeric، لأنه يحوي عددا قليلا نسبيا من الخلايا.

(*) My Mother, Myself

(١) ذَأَب، أو الذَّأَب الحمامي، أو «الذئب الأحمر» Lupus erythematosus مرض مناعة ذاتي، سمي كذلك بسبب طفح وجهي خاص بهذا الاضطراب يجعل هيئة المصابين مشابهة لهيئة الذئب.

(٢) mythology

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

لتجدد **الأنسجة التالفة** damaged tissues.

مزيج عطايا من الوليد(*)

مثل الكيمرة الميكروية الأمومية، فإن **الكيمرة الميكروية الجنينية** fetal microchimerism ـ أي وجود خلايا جنينية عند الأم ـ تبدو كأنها شيء من ظاهرة **جيكل وهايد**(١) Jekyll-and-Hyde phenomenon. لقد اكتشفتُ الجانب غير المرغوب فيه في منتصف التسعينات، حتى قبل اكتشاف فريقي للكيمرة الميكروية الطويلة الأمد في أفراد أصحاء. كنت مصدومة بملاحظة أبداها <J. هال> [كان في سل برو Cell Pro، وهي شركة تقانة حيوية، ثم انتقل إلى سياتل، وكان يعمل في التشخيص قبل الولادة]. من خلال اتصال هاتفي في إحدى أمسيات عام 1994 علمت أن اختصاصية في مختبره وُجد أنها تمتلك خلايا جنينية في دمها بعد سنة كاملة من وضعها لابنها. جعلتني المحادثة أتساءل مندهشة عن توابع الاحتواء الدائم على خلايا طفل. وقادتني هذه الأفكار إلى السؤال: هل **الاضطرابات** disorders التي ينظر إليها عادة على أنها اضطرابات مناعة ذاتية، تتضمن تفاعلا بين خلايا الأم ذاتها والخلايا التي اكتسبتها من الجنين؟

لقد كانت الفكرة مثيرة لدرجة جعلتني أحتفظ بها لنفسي. وفي عام 1996، نشرت مقالة فرضية تضمنت مجموعة من الملاحظات المشتقة من مجالات مختلفة جدا من الطب قادتني إلى مراجعة الصورة التقليدية لأمراض المناعة الذاتية. أولا، غالبية هذه الاضطرابات تصيب الإناث أكثر من الذكور، وتصيب نساء في الأربعينات والخمسينات والستينات من العمر بعد أن يكون الكثير منهن قد حملن أكثر من مرة، وغالبا بعد الفترة التي تكون فيها **التقلبات الهرمونية الدورية**(٢) موضع لوم. إذا كان هناك دور تؤديه الخلايا الطويلة الأمد والمشتقة من الجنين، فمن المتوقع رؤية هذه الأمراض في أغلب الأحيان عند النساء وعند اللاتي تجاوزن سنوات الحمل.

وهناك اتجاه فكري آخر جاء من **حقل اغتراس الأعضاء** transplantation، حيث يحاول جراحو الاغتراس عموما أن «يطابقوا» **المانحين** donors و**المتلقين** recipients، أي إنهم يحاولون أن يتأكدوا من أن بعض الجزيئات المسماة **بمستضدات الخلايا البيضاء البشرية** (HLAs)(٣) الموجودة على سطح خلايا المانح تكون مشابهة جدا أو مطابقة

(*) Mixed Blessings from Baby

(**) WHERE THE CELLS SETTLE

(١) ظاهرة تُنسب إلى رواية الكاتب Stevenson Robert Louis بعنوان *Dr. Jekyll and Mr. Hyde* والتي تدور أحداثها حول Dr. Jekyll الطبيب ومحاولاته لضبط نصفه الشيطاني السيئ Mr. Hyde.

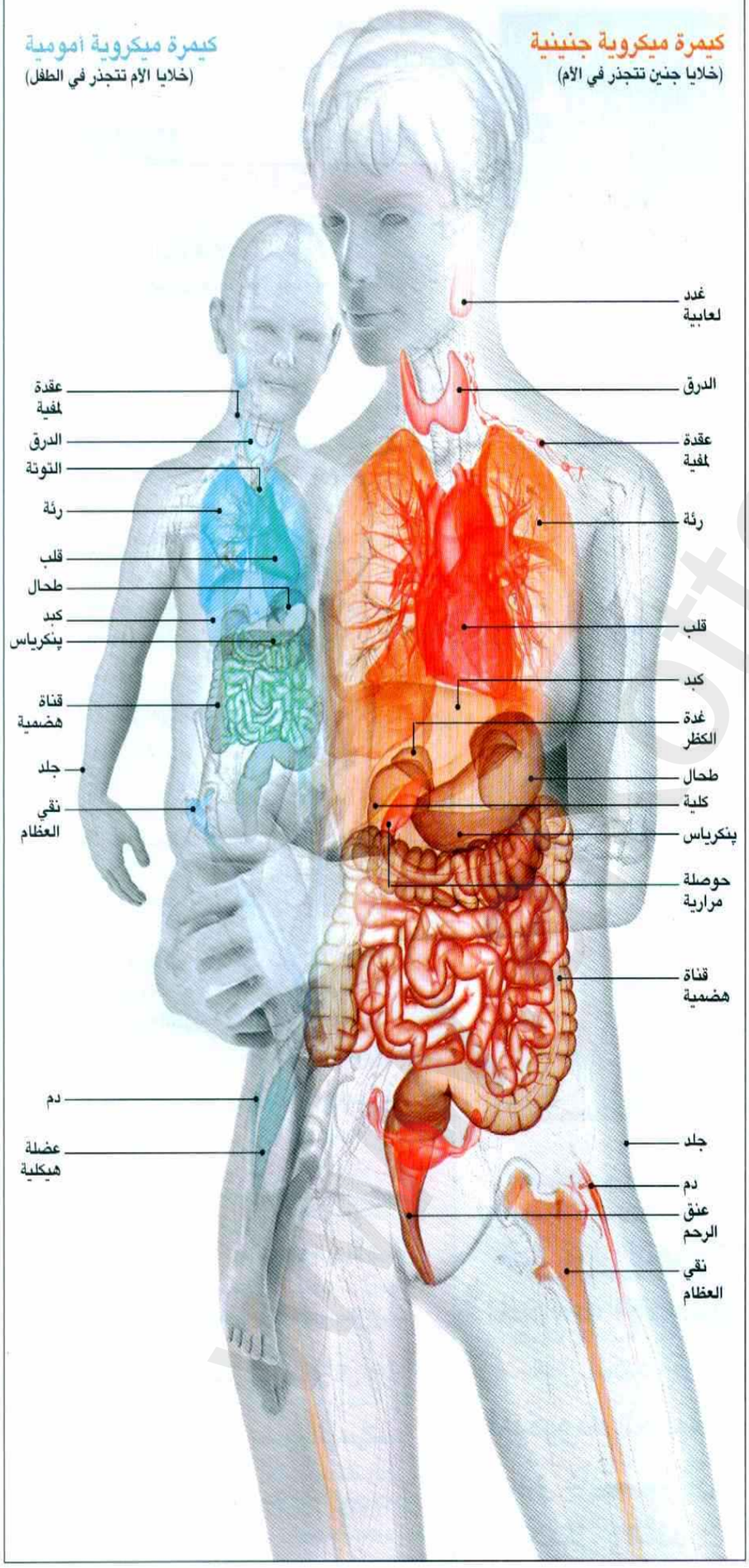
(٢) cyclical hormonal fluctuations

(٣) Human leukocyte Antigens: (HLAs)

(التحرير)

أين تستقر الخلايا(**)

وُجدت الكيمرة الميكروية في أنسجة بشرية كثيرة، بما فيها تلك المذكورة أدناه. يمكن الكشف عنها بالبحث عن خلايا أنثوية عند ذكر (في **الكيمرة الميكروية الأمومية** maternal microchimerism) أو خلايا ذكورية عند أنثى (في **الكيمرة الميكروية الجنينية** fetal microchimerism). كما يمكن ملاحظتها بتحليل الدنا. إن وجود الكروموسومات (الصبغيات) Y عند امرأة، على سبيل المثال، يعني أنها اكتسبت خلايا من ذكر، على الأرجح من ابن أثناء الحمل.



www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

لتلك الخاصة بالمتلقي. إذا اختلفت جزيئات المستضدات HLAs للمانح اختلافا ذا دلالة، فإن جهاز مناعة المتلقي سيرفض الطعم (النسيج المنقول) متلفا إياه كما لو كان عاملا مسببا لمرض ما. وعلى العكس، إذا كانت الخلايا التي مصدرها مانح غير مطابق تماما، تحاول أن تظل حية، عندئذ يمكن للعضو **المغروس** transplant أن يحرض حالة مرضية تسمى **طعم ـ مقابل ـ مضيف**[1]. وفي هذه الحالة، تهاجم **الخلايا المناعية** immune cells في العضو المانح نسيجَ المتلقي. ويسبب التفاعل قساوة الجلد وتلف بطانة الأمعاء وفي النهاية تلف الرئتين.

هذه المجموعة من الأعراض تشبه كثيرا ما يحدث لمصابين بمرض يسمى **تصلب الجلد** scleroderma الذي يعتبر مرض مناعة ذاتية. هذا التشابه دعاني إلى الاعتقاد أن الخلايا الجنينية عند الأم يمكن أن تكون جزءا من الآلية التي تؤدي إلى تصلب الجلد عند النساء. لذا، اقترحت على <بيانكي> أن يتعاون مختبرانا على دراسة هذه الفكرة. وقررنا أن نركز على أمهات لذكور، لأنه سهل نسبيا أن نبين وجود خلايا ذكرية قليلة في بحر من خلايا أنثوية: يمكننا أن نأخذ عينات دم أو نسيج من نساء مصابات بتصلب الجلد ومن نساء سليمات والبحث عن **دنا** الكروموسوم Y.

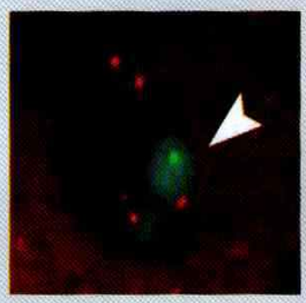
في دراستنا، حيث أول ما يُنظر إليه في مرض المناعة الذاتية هو الكيمرة الميكروية، وجدنا دليلا في حالة تصلب الجلد على تورط **خلايا جنينية متبناة** adopted fetal cells. والمرضى بهذه الحالة، كمجموعة، كانت عندهم مستويات من الكيمرة الميكروية الجنينية في دمائهم أعلى مما أظهر أفرادًا أصحاء. وفي دراسات أخرى وجد فريقانا، بمعزل عن فريق <S. A. جيمينيز> [من جامعة توماس جيفرسون]، كيمرة ميكروية جنينية في الجلد وأنسجة أخرى مصابة بالمرض.

قمنا أيضا باكتشاف مهم آخر يتعلق **بمجموعة جزئية**[3] معينة من المستضدات HLAs تسمى **الصف IIs**[4]. إن جزيئات المستضدات HLA IIs الموجودة على خلايا جنينية عند النساء المصابات بتصلب الجلد تميل إلى أن تكون أكثر تشابها، من المعتاد، مع جزيئات الصف IIs الخاصة بالأم. (لأن الجنين يرث نصف جيناته من أبيه، أي ما يصل إلى نصف جينات المستضدات HLA للطفل، ومن ثم فإن نصف جزيئاته من المستضدات HLA يمكن أن يختلف عن جزيئات أمه). وتفسيرنا لهذا النمط قد يبدو مخالفا للحدس، لكننا نعتقد أن إيواء خلايا جنينية ذات المستضدات HLAs مختلفة بشكل واضح عن المستضدات HLAs الخاصة بالأم أمر يبعد احتمال تسببه في مشكلة، لأن جهاز مناعة الأم سوف «يرى» بسهولة أن هذه الخلايا غريبة ويزيلها. لكن الخلايا التي تبدو مشابهة جدا من حيث جزيئات المستضدات HLAs الخاصة بها، يمكنها أن تعبر الخط الأول للدفاع المناعي للأم وتمر من دون أن يتم تعرفها.

يمكن فيما بعد حدوث اضطراب بعدة سبل.

(*) DISEASE LINKS
(١) graft - versus - host disease
(٢) أو طليعة الارتجاج.
(٣) subsets
(٤) class IIs

إن وجود خلية ذكرية في كبد امرأة دليل على انتقال الخلية من الجنين إلى الأم. تم التعرف على الخلية بوجود الكروموسوم Y *(البقعة الخضراء)* والكروموسوم X *(البقعة الحمراء)* في نواة الخلية *(الزرقاء)*. خلايا المرأة نفسها تحوي كروموسومين X.



[تأثيرات]

العلاقات بالمرض(*)

إن الكيمرة الميكروية أكثر شيوعا أو أشد وضوحا عند أشخاص مصابين باضطرابات معينة (*كتلك المذكورة أدناه*) منها عند الأفراد الأصحاء. يبدو أن **الخلايا المنتقلة** transferred cells تسهم في حدوث المرض، وفي مرات أخرى يمكن لها أن تقاوم مرضا أو تنجم عنه. على سبيل المثال، اقتُرح أن تقوم **الخلايا الأمومية** maternal cells بمهاجمة أنسجة المصابين **بالتهاب الجلد والعضل الشبابي** juvenile dermatomyositis، وأن تكون هي الخلايا الهدف (المستهدفة) في الهجوم في حالة **الذاب الوليدي** neonatal lupus syndrome وأن تحاول أن تأتي للنجدة في الداء السكري من النمط 1. إن نشاط الخلايا غالبا غير واضح، وهناك حاجة إلى المزيد من الأبحاث لتوضيح دورها في أمراض خاصة ومحددة.

الانتقال من الأم إلى الطفل وُجد في:

- **رَتَق صفراوي** (اضطراب كبد جنيني)
- **التهاب الجلد والعضل الشبابي** (هجوم مناعي على الجلد والعضل)
- **ذاب وليدي** (هجوم مناعي على أنسجة مختلفة في الجنين)
- **تصلب الجلد** (هجوم مناعي يُثخن الجلد ويمكن أن يخرب أنسجة أخرى)
- **داء السكري** (المرتبط علاجه بالأنسولين) من النمط 1 (هجوم مناعي على البنكرياس)
- **النخالية الحزازية** (حالة التهاب جلد).

الانتقال من الجنين إلى الأم وُجد في:

- **سرطان الثدي**
- **سرطان العنق**
- **التصلب المتعدد** (هجوم مناعي على عصبونات الجهاز العصبي المركزي)
- **مقدمات الارتعاج**[2] (اضطراب فرط ضغط الدم ناجم عن الحمل)
- **طفح متعدد الأشكال أثناء الحمل** (حالة التهاب جلد)
- **التهاب مفاصل رثوي** (هجوم مناعي على المفاصل)
- **تصلب جلد**
- **ذاب احمراري جهازي** (هجوم مناعي على عدة أعضاء)
- **أمراض الدرق** (داء هاشيموتو وداء كريفس وأمراض أخرى).

على غرار الكيمرة الميكروية الأمومية، فإن الكيمرة الميكروية الجنينية تبدو كأنها ظاهرة «جيكل وهايد».

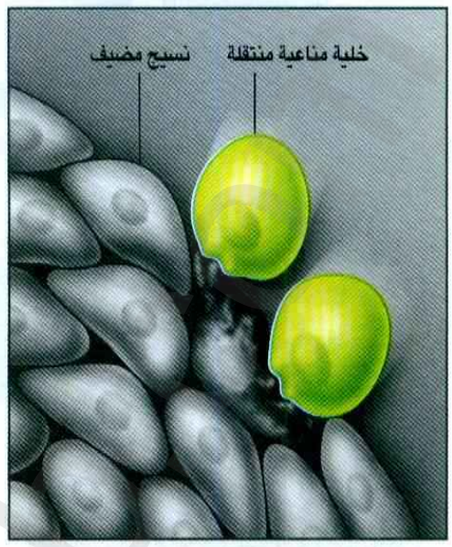
www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

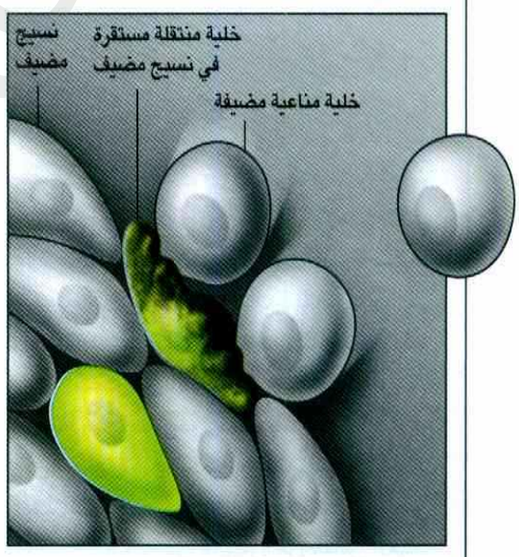
مساعَدة أم أذى؟(*)

فيما يلي بعض الآثار التي تم افتراض وجودها عند انتقال خلايا من فرد إلى آخر:

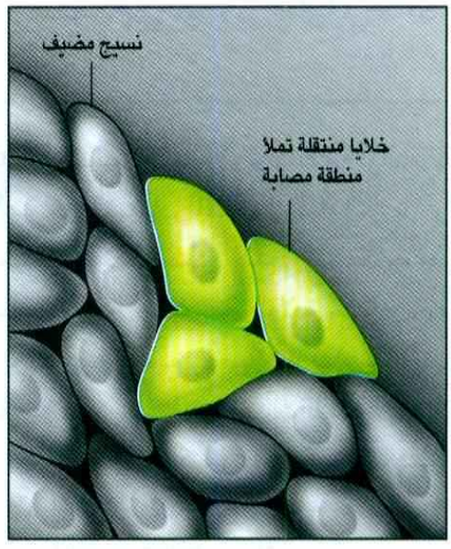
أثر ضار: خلايا مناعية منتقلة تهاجم نسيجا مضيفا



أثر ضار: خلايا مناعية مضيفة تهاجم خلايا منتقلة مستقرة في نسيج.



أثر واق: خلايا منتقلة تحاول تجديد نسيج مضيف تالف.



إذا، على سبيل المثال، أدى شيء ما إلى إيقاظ جهاز مناعة الأم وتنبيهه إلى وجود متطفل، فإن محاولة إزالة هذه الخلايا لاحقا يمكنها أن تسبب تلفًا غير مباشر لأنسجة الأم نفسها، ويمكنها حتى أن تحرض هجوما مناعيا ذاتيا. أو ربما أمكن للمتنكرين التدخل في التوازنات الحرجة التي تشكل جزءا من الجهاز المناعي السوي للأم.

لأن هذا المجال من البحث جديد جدا، فلا أحد يعرف بعد لماذا خلايا جنينية عاش معها جهاز مناعة الأم منذ الحمل، سوف يُنظر إليها فجأة وبعد عقود على أنها غريبة وغير مرغوب فيها، ولا كيف يتحمل جسم الأم المتطفلين بداية. هذه الأسئلة المثيرة للاهتمام ستعالج في المرحلة التالية من الدراسات.

الحَمْلُ يحمل الفرج(**)

كما هو صحيح بالنسبة إلى الكيمرة الميكروية الأمومية، يمكن **للنمط الجنيني** the fetal type أن يكون له آثار جيدة أو سيئة على السواء. ولكن، بأي طريقة يمكن أن يكون مفيدا؟ نظريا، يمكن لخلايا مناعية تم الحصول عليها من وليد أن تتفاعل بشدة مع كائنات مسببة للمرض يتعامل معها جهاز مناعة الأم بتراخ. في هذه الحالة يمكن للخلايا الجنينية أن تساعد على مساندة الاستجابة المناعية للأم، ويمكن للخلايا أيضا أن ترمم بعض الأنسجة. وعلى الرغم من أن انتقال خلايا جنينية إلى الأم يمكن أن يسهم في بعض أمراض المناعة الذاتية، فإننا نمتلك بعض الأدلة غير المباشرة على أنها يمكن في الواقع أن تفيد النساء المصابات بحالة مناعة ذاتية واحدة على الأقل: **التهاب المفاصل الرثوي** rheumatoid arthritis الذي يتصف بالتهاب الأربطة المزمن وغالبا المؤلم.

قبل سبعين سنة، لاحظ <P. S. هينش> [الأمريكي الحائز على جائزة نوبل] أن التهاب المفاصل الرثوي يتحسن، وأحيانا يغيب كليا، أثناء الحمل، ثم يعود خلال عدة أشهر بعد الوضع. في البداية، عزا الأطباء ذلك إلى الهرمونات، خاصة هرمون **الكورتيزول** cortisol، الذي يتضاعف تركيزه مرتين أو ثلاث مرات أثناء الحمل. لكن لا يمكن للهرمونات أن تكون مسؤولة بشكل كامل عن هذه الظاهرة، لأن بعض النساء ـ مع تركيز منخفض من هرمون الكورتيزول ـ يتمتعن **بهدأة المرض** remission، بينما أخريات ـ مع تركيز مرتفع من هرمون الكورتيزول ـ لا يعرفن هذه الهدأة.

ولأن الحمل يتحدى الجهاز المناعي (فالطفل يظل، بعد كل هذا، نصف غريب جينيا)، بحثت مع زملائي عن تفسير مناعي لهدأة المرض ثم لظهوره

(*) HELP OR HURT?
(**) Pregnancy Brings Relief
(١) remission

المؤلفة

J .L. Nelson

هي عضو في مركز فرِّد هاتكنسن لأبحاث السرطان وأستاذة طب جامعة واشنطن، في سياتل. درست الدور الذي تؤديه الكيمرة الميكروية في تحريض أمراض المناعة الذاتية وهداتها[١] منذ عام 1986، وهي السنة التي انضمت فيها إلى مركز هاتكنسن. كما تدرس دور الكيمرة الميكروية في الاغتراس والسرطان والتوالد. حصلت حنلسن> على شهادتها الجامعية من جامعة ستانفورد وشهادة الطب من جامعة كاليفورنيا ـ ديڤيس، وتابعت تدريبها في علم الرثويات بجامعة واشنطن.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الكيمرة الميكروية، أسئلة يكثر طرحها(*)

هل كل فرد كيمري ميكروي (ميكروكيمري)؟

لدى كل واحد منا، على الأرجح، بعض خلايا آتية من الأم. عندما أخذت ومساعدي عينة دم واحدة من أشخاص بالغين وفحصنا ما يعادل 100 000 خلية، وجدنا كيمرة ميكروية أمومية في حوالي 20% من الأشخاص. لكن ذلك جزء صغير من الدم ولا يأخذ بعين الاعتبار خلايا يمكن أن توجد في الأنسجة ـ إنه شيء ممكن، ولكن فحصه في البشر تحد.

كم عدد الخلايا في الجسم التي تأتي من أمهاتنا أو من أبنائنا؟

تكون الكيمرة الميكروية الأمومية أو الجنينية في الدورة الدموية في حدها الأدنى. الحسابات القائمة على قياس الدنا في أفراد أصحاء تشير عموما إلى أن أقل من واحد في 10^5 إلى 10^6 خلية غرباء. لكننا نعلم أن الإحصاءات يمكن أن تكون أعلى بكثير في الأنسجة منها في الدورة الدموية. في إحدى الدراسات تمكنا من الحصول على تنوع من عينات أنسجة من امرأة توفيت جراء **تصلب جلدي** scleroderma. في حالتها تراوحت الأعداد وفقا للعضو ولمصدر الخلية. على سبيل المثال، على الرغم من أن قياسات الدنا أشارت إلى احتوائها على حوالي 190 **خلية أمومية** maternal cells وعلى 105 **خلايا جنينية** fetal cells لكل مليون خلية من الخلايا خاصتها في **عقدة لمفية** lymph node، فقد وُجد حوالي 760 خلية أمومية و 3750 خلية جنينية في كل مليون من خلايا رئتيها.

إضافة إلى الانتقال بالاتجاهين بين الأم والجنين، هل يمكن حدوث كيمرة ميكروية من آليات طبيعية أخرى؟

من المعروف أنه يمكن حدوث تبادل للخلايا بين التوائم في الرحم، ملاحظة سجلت أولا عند البقر. كما أن بعض التوائم تُفقد حتى قبل كشفها من قبل الطبيب المُولِّد، ومن ثم فإن الكيمرة الميكروية يمكن أن تأتي من «توأم متلاش». أيضا، على الرغم من أنه لم يثبت ذلك بعد، يمكن اكتساب الكيمرة الميكروية من أخ أو أخت سابقين. في هذه الحالة يكون الطفل الأكبر قد مرر بعض خلاياه لأمه عندما كان جنينا، والأم تمرر هذه الخلايا لطفل ثان خلال حمل لاحق. إن حدوث كيمرة ميكروية عبر الاتصال الجنسي غير معروف. لكن دليلا غير مباشر يشير إلى إمكانية مرور خلايا أمومية إلى الطفل أثناء الرضاعة من الثدي.

هل يمكن لنقل الدم واغتراس الأعضاء أن يؤديا إلى كيمرة ميكروية؟

نعم، عندما تحدث بسبب تدخلات طبية تسمى الظاهرة كيمرة ميكروية علاجية المنشأ. يتم عادة تشعيع الدم الممنوح قبل إعطائه إلى متلق، الأمر الذي يجب أن يمنع حدوث تطعيم. إلا أن دراسات على مرضى مصابين برضوض أظهرت أن البعض ممن تلقوا العديد من نقلات دم غير مشععة احتفظوا بخلايا المانح لسنوات. كذلك يمكن لمتلقي الأعضاء أن يجمعوا ويحتفظوا بخلايا من المانح، وبالطبع فإن خلية مولدة للدم (نقي العظام) متلقية له تصبح كيمرية.

إذا استقرت وعاشت خلايا غريبة في أنسجة ما، فلماذا لا تكتسح نسيجا بكامله؟

هذا سؤال آخر مفتوح. ستكون كارثة بيولوجية لو أن الكيمرة الميكروية استطاعت أن تتفشى بشكل غير مكبوح. على الرغم من أن هذا الموضوع لم يكن قد درس بشكل دقيق، يشعر الباحثون بشكل أكيد أن جزيئات المستضدات HLA ـ الجزيئات التي يهدف جراحو نقل الأعضاء عامة إلى أن تكون متطابقة بين **المانحين** donors و **المستقبلين** recipients ـ تؤدي دورا أساسيا في إبقاء تكاثر الخلايا مقيدا وخاضعا للرقابة.

تؤوي الخلايا المتبناةُ جزيئات المستضدات HLA التي تختلف عن تلك الخاصة بالمضيف، فلماذا يفشل الجهاز المناعي في التعرف على مثل هذه الخلايا وإزالتها؟

ربما تخفي الخلايا بشكل ما جزيئات المستضدات HLA الخاصة بها، أو يمكن أن «تُعلِم» جهاز مناعة المضيف أن يتحمل هذه الجزيئات على الرغم من الاختلافات، لكنها مجرد تخمينات. التبصر في هذا السؤال يمكن أيضا أن يسلط الضوء على سبب عدم طرح الأجنة، التي هي مختلفة جينيا عن أمهاتها، من جسم الأمهات. بشكل مثير، تقترح البيانات أن تَشارُكَ عددٍ زائدٍ من جزيئات المستضدات HLA أثناء الحملِ هو في الحقيقة أمر سيئ. فالأجنة التي لا يكتمل حملها (تجهض)، تمتلك غالبا عددا من جزيئات المستضدات HLAs المماثلة لجزيئات الأم أكثر من الأجنة التي تصل إلى نهاية الحمل. لا أحد يعرف السبب، على الرغم من أن للظاهرة معنى تطوريا، حيث إن اختلاف جزيئات المستضدات HLA يمكن أن يعزز التنوع الجيني في عشيرة من الناس. يعتبر مثل هذا التنوع ميزة، لأنه على الأقل يزيد إمكانية بعض الأفراد من المجموعة في امتلاك الصفات التي تمكنهم من البقيا في حالات التغير المفاجئ.

J. L. N.

من جديد فيما بعد. وقد اكتشفنا في عام 1993 أن احتمال حدوث تحسن في التهاب المفاصل الرثوي خلال الحمل يكون أكبر عندما تكون مجموعة جزيئات المستضدات HLA IIs الخاصة بالولد مختلفة جدا عن تلك الخاصة بالأم. هذه النتيجة اقترحت أن عدم التشابه في الصف II لجزيئات المستضدات HLAs بين الأم والولد يمكن بطريقة ما أن يكون مسؤولا عن التحسن أثناء الحمل. لاحقا وجدنا أن مستويات مرتفعة من كيمرة ميكروية جنينية في دم الأم توافقت مع تراجع أكبر لأعراض التهاب المفاصل أثناء الحمل، وأن مستويات متدنية بشكل مفاجئ توافقت مع وهيج التهاب مفاصل وصفي تال للولادة. ما زلنا لا نعلم لماذا المزيد من كيمرة ميكروية جنينية أو عدم تشابه كبير في المستضدات HLA II يمكن أن يؤديا إلى تحسن أكثر وضوحا في التهاب المفاصل الرثوي عند الحوامل.

(*) MICROCHIMERISM FAQs

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

ماذا بعد؟(*)

إضافة إلى متابعة دراسة **الأمراض المتواسطة بالمناعة**(١)، بدأت مع زملائي بتحري أدوار الكيمرة الميكروية (الجيدة والسيئة) التي يمكن أن تؤديها في السرطان والتوالد والبيولوجيا العصبية. بعض من أسئلتنا هي:

- بيانات أولية تقترح أن بقاء خلايا جنينية يمكن أن يسهم في تقليل خطر الإصابة بسرطان الثدي، الأمر الذي تستفيد منه نساء وضعن مواليد. ولكن ماذا يمكن أن تفعل هذه الخلايا بالضبط لتساعد على ذلك؟
- يبدو معقولا توقع أن الخلايا الأمومية التي نؤويها في أجسامنا ـ والتي هي بالطبع مسنة أكثر منا ـ يمكن أن تكون مهيأة لتصبح خبيثة. إن لم تكن كذلك، فإن اكتشاف الآليات التي تحمي تجاه مثل هذا الحدث السيئ، يمكن أن يقترح طرقا لتجنب السرطان.
- للتوالد البشري نسب فشل عالية بإجهاضات متكررة. هل تؤثر الخلايا التي تؤويها النساء البالغات من أمهاتهن في مصير حملهن؟ بكلمات أخرى، هل لأمومة الجدات تدخل إضافي عند الأحفاد؟
- أخيرا، هل تستطيع الخلايا المكتسبة من الأم أو من الجنين أن تتحدى **الحاجز الدموي الدماغي**(٢) وتأخذ طريقها نحو الدماغ والنخاع الشوكي؟ إن كان كذلك، هل تؤثر الخلايا الأمومية في تنامي الدماغ؟

J. L. N.

لقد اكتشف الباحثون حتى الآن خلايا كيمرة ميكروية جنينية في أعضاء مثل **درق** thyroid وأمعاء وكبد أمهات مصابات بأمراض متنوعة. بعض من هذه الخلايا أظهر خصائص الأنسجة التي تقطنها. كما تأكد وجود كيمرة ميكروية جنينية في الخلايا المناعية المنتشرة عند الأمهات. كون هذه الخلايا مساعدة أو مؤذية قد يختلف باختلاف الأشخاص أو الظروف.

رؤية جديدة «للذات»(**)

عموما يبدو أن الكيمرة الميكروية قد تؤثر في الجسم بعدة طرق. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تقوم **خلايا مناعية منتقلة** transferred immune cells بهجوم على أنسجة الجسم، مثل ما يمكن أن يحدث في التهاب الجلد والعضل الشبابي؛ أو أن **الخلايا المتبناة** adopted cells التي تتمايز لتمنح أنسجة الجسم، يمكن أن تستثير هجوما من جهاز مناعة المضيف، وهو ما نعتقد حدوثه في تصلب الجلد والذأب الوليدي. وهناك احتمال آخر وهو أن **الخلايا المستخفية** stowaway cells يمكن أن تنتشر كفريق مُسْعِف، حيث ترتحل إلى أنسجة الجسم التي تعاني من التلف لتساعد على التجدد وإصلاح الوظيفة مثل ما يبدو عليه الحال في داء السكري من النمط 1.

إن كل سيناريو يحمل إمكانية لاستراتيجيات علاجية جديدة تؤخذ بالاعتبار. فإذا كانت الخلايا المكتسبة مهاجمة، عندئذ يمكن انتقاؤها بدقة بالغة للإزالة أو التثبيط؛ أما إذا كانت هدفا للهجوم، فإنه يمكن تطوير استراتيجيات تحرض الجهاز المناعي على تحملها. وإذا استطاعت أن تساعد على تجدد أنسجة تالفة، فإنها يمكن أن تحفز على تسكين أمراض موسومة **بتهدم النسيج**(٣).

ومع أن النساء هم فقط عرضة للكيمرة الميكروية الجنينية، فإن أي إنسان يمكن أن يؤوي خلايا من الأم، بما في ذلك الرجال والأطفال والنساء اللاتي لم يحملن؛ لأن الكيمرة الميكروية الأمومية تتأسس أثناء التنامي (عند تشكل الجهاز المناعي للجنين)، في حين تحدث الكيمرة الميكروية الجنينية عندما يكون جهاز مناعة الأم ناضجا. لذلك، فإن إسهام السيرورتين في «الذات» قد تختلف ـ تماما كالمهاجرين الذين يصلون إلى الدولة وهي في طور التأسيس، حيث يمكن استيعابهم بشكل مختلف عن أولئك الذين يصلون لاحقا. ولا نعرف بعد الكثير عن هذه الاختلافات. ونفهم القليل جدا عن مجال آخر مثير للاهتمام: هل النساء يواجهن عواقب فريدة من خلال احتوائهن عبر أجيال على خلايا من أمهاتهن ومن واحد أو أكثر من أطفالهن.

فاكتشاف أن خلايا الأم قد تظهر بشكل غير متوقع في ذريتها البالغة وأن الخلايا الجنينية قد توجد عند النساء اللاتي كن مرة حوامل، يعلن بزوغَ الكيمرة الميكروية موضوعا جديدا مهما في البيولوجيا. ويتحدى العمل وأيضا النظرة التقليدية إلى الذات في **علم المناعة**(٤). وتدعم نتائجُنا ونتائج آخرين في هذا المجال الجديد وضع تعريف جديد يشمل الكيمرة الميكروية المكتسبة طبيعيا، وهي على الأرجح موجودة معنا دائما منذ لحظات الحياة المبكرة حتى سن البلوغ. وثمة تقارير حديثة عن الكيمرة الميكروية الأمومية والجنينية في أدمغة الفئران هي أيضا مدعاة إلى التفكير. وهذه الاكتشافات تفسح المجال لعدد كبير من الأسئلة الشيقة، من بينها: هل تؤثر الخلايا الأمومية في تنامي الدماغ؟ هل يمكن تسخير الكيمرة الميكروية الجنينية لعلاج **الأمراض العصبية التنكسية**(٥)؟ وما الذي يكوّن **ذاتنا النفسية**(٦) لو أن أدمغتنا ليست كلها منا؟ ■

(*) WHAT'S NEXT?
(**) A New View of 'Self'
(١) immune mediated diseases
(٢) blood-brain barrier
(٣) tissue destruction
(٤) immunology
(٥) neurode generative diseases
(٦) our psychological self

بإمكان أي شخص أن يؤوي خلايا من الأم، بما في ذلك الرجال والأطفال وكذلك النساء اللاتي لم يحملن قط.

مراجع للاستزادة

Human Natural Chimerism: An Acquired Character or a Vestige of Evolution? Baruch Rinkevich in *Human Immunology*, Vol. 62, No. 6, pages 651–657; June 2001.

Microchimerism: An Investigative Frontier in Autoimmunity and Transplantation. Kristina M. Adams and J. Lee Nelson in *Journal of the American Medical Association*, Vol. 291, No. 9, pages 1127–1131; March 3, 2004.

Maternal Microchimerism in Peripheral Blood in Type 1 Diabetes and Pancreatic Islet β Cell Microchimerism. J. Lee Nelson et al. in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 104, No. 5, pages 1637–1642; January 30, 2007.

Graft and Host, Together Forever. Marguerite Holloway in *Scientific American*, Vol. 296, No. 2, pages 22–23; February 2007.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

تشغيل أسواق الكربون(*)

يتوقف الحد من تغير المناخ من دون إلحاق ضرر بالاقتصاد العالمي على إشارات سوقية أكثر قوة وذكاء للتحكم في انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون.

<D. G. ڤيكتور> ـ <D. كالّينوارد>

ثمة احتمال كبير في أن احترار مناخ الأرض الناتج من الأنشطة البشرية سيصل إلى مستويات مثيرة للقلق خلال القرن القادم. ومع أن معظم ثنائي أكسيد الكربون المتراكم في الغلاف الجوي ناتج من إحراق الوقود الأحفوري، فإن الحلول الناجعة للمشكلة ستحتاج إلى ما هو أكثر من استحداث وسائل لإنتاج طاقة أنظف، أملا في أن ينتشر استخدام هذه الوسائل على نطاق واسع. ومن المهم بالقدر نفسه إنشاء مؤسسات ووضع استراتيجيات ـ وبخاصة في مجال الأسواق والقواعد المنظمة للأعمال التجارية والسياسات الحكومية ـ توفر حوافز للشركات لتشجيعها على استعمال تقانات وممارسات مبتكرة تحد من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون وغازات الاحتباس الحراري الأخرى المسببة لتغير المناخ.

وهذا تحد كبير. فطاقة الوقود الأحفوري التقليدية وفيرة وميسورة التكلفة إلى حد تتضاءل معه الآمال في أن تحظى البدائل التي تحافظ على سلامة المناخ بالقبول ما لم تقترن بدعم سياسي قوي. ومن المؤسف أنه لم يتحقق حتى الآن إلا تقدم ضئيل في المفاوضات الرامية إلى عقد معاهدات ملزمة للحد من الانبعاثات الضارة على الصعيد العالمي، مع أن هذه المفاوضات مستمرة منذ عقدين من الزمان. غير أن ذلك لم يمنع صانعي السياسة في أوروبا والمناطق الأخرى، التي يتعاظم فيها القلق بسبب تغير المناخ، من تنفيذ مبادرات تقدم دروسا عن أفضل السبل للتقليل من نسبة الكربون المرتفعة على سطح الأرض.

وبصفة خاصة، يستطيع صانعو السياسات في الولايات المتحدة، التي يفوق ما تنتجه من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون الصادرة عنها أي دولة أخرى، أن يتعلموا الكثير عن إيجاد أسواق فعالة لخفض انبعاثات الكربون بتحليل الجهود التي بذلت في أوروبا مؤخرا ومعرفة ما نجح منها وما أخفق. ونحن نطبق هذه الدروس لمعرفة الكيفية التي تستطيع بها الولايات المتحدة بناء نظام قومي لإدارة الكربون، بما في ذلك وضع استراتيجيات لإيجاد أسواق وحوافز أخرى تشجع على استحداث واعتماد وسائل مبتكرة لطاقة أقل كربونا.

وحتى وقت قريب، كان الحوار المتعلق بإيجاد مؤسسات لحماية مناخ الأرض يتركز كله تقريبا على المستويات العالمية للانبعاثات. وكانت الآراء السائدة التقليدية تقول إن نجاح السياسة المناخية مرهون بتوقيع معاهدات دولية ملزمة، لأن الأنشطة المسببة للتغير المناخي هي أنشطة عالمية النطاق. ولو أن الحكومات الوطنية تُركت وشأنها من دون تنسيق على المستوى العالمي، لقامت الصناعات بنقل مراكزها إلى المناطق التي تكون القوانين فيها أقل صرامة.

وكانت هذه النظرية التي يراعى فيها البعد العالمي، هي الأساس الذي قامت عليه مفاوضات عام 1992 بشأن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ التي تدعو البلدان كافة إلى العمل بحسن نية لمعالجة مشكلة المناخ، وأنشئت بمقتضاها منظمة للإشراف على تنفيذ أحكام هذه الاتفاقية. وأفرخت هذه الاتفاقية محاولات أخرى لوضع اتفاقيات تتعلق بتغير المناخ، أسفرت عن وضع بروتوكول كيوتو عام 1997. وبموجب هذا البروتوكول، وافقت البلدان الصناعية ـ بما فيها الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي واليابان وروسيا ـ من حيث المبدأ، على التزامات تراعى فيها المصالح الفردية لكل من هذه الكيانات، تخفض، في حال تنفيذها، كمية الانبعاثات الصناعية بمستويات تقل بنسبة تقرب من 5 في المئة عن مستويات عام 1990. بيد أن البلدان النامية، التي أعطت أولوية أعلى للنمو الاقتصادي الذي تعززه استخدامات غير مقيدة للطاقة، رفضت فرض قيود على انبعاثاتها.

آلية التنمية النظيفة(**)

في غياب أي وسيلة عملية لإلزام الدول النامية بالسيطرة على ما يصدر عنها من انبعاثات الكربون، توصل الموقعون على بروتوكول كيوتو إلى حل وسط أطلق عليه اسم آلية التنمية النظيفة. وبموجب هذا الحل، يستطيع المستثمرون الدوليون

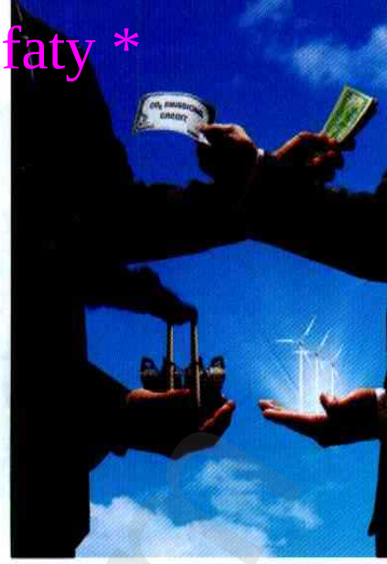
(*) MAKING CARBON MARKETS WORK
(**) Clean Development Mechanism

مفاهيم مفتاحية

- يجب خفض انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون المتزايدة في العالم لتجنب حدوث تغير مناخي خطير.
- وفرض ضرائب على انبعاثات الكربون وسيلة فعالة، ولكن السياسة في الولايات المتحدة لا تحبذ اتباع هذا الإجراء. والأرجح أنه سيجري إنشاء سوق فدرالي للحد الأقصى والاتجار cap-and-trade تحصل من خلاله الجهات المتسببة في التلوث على رخص (أذون) permits للانبعاثات، وتختار الطريقة التي تحقق بها أهداف الخفض التي تتوخاها.
- يجب أن تكون إدارة أسواق الحد الأقصى والاتجار إدارة حازمة لتضمن لها النجاح، ولا يمكن لهذه الأسواق أن تؤدي دورها ما لم تكن هناك سياسات مكملة تؤثر في الانبعاثات. وتتيح الدراسة التحليلية لسوق الكربون القائم في الاتحاد الأوروبي نظرة متعمقة ذات قيمة كبيرة.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

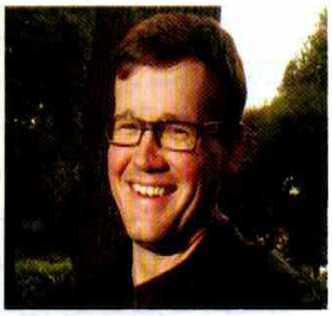


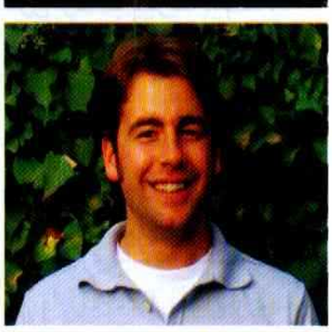
يهدف الاتجار في رخص الكربون إلى خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بأقل تكلفة.

المؤلفان

David G. Victor - Danny Cullenward

يعملان في برنامج جامعة ستانفورد للطاقة والتنمية المستدامة الذي تدعمه شركة بريتيش بتروليوم (شركة النفط البريطانية) ومعهد أبحاث الطاقة الكهربائية. ويشغل «فيكتور»، الحاصل على زمالة مجلس العلاقات الخارجية وأستاذ القانون، منصب مدير برنامج الطاقة والتنمية المستدامة، حيث يعمل «كالّينوارد» باحثا مساعدا. وقد قاما معا بالعديد من الدراسات، منها دراسة حول تقدير كمية انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من سدود توليد الطاقة الكهربائية باستخدام قوة الماء في المناطق المدارية من الكرة الأرضية.





الحصول على **أرصدة (اعتمادات)** credits دائنة من الكربون مقابل تمويلهم مشروعات تحد من الانبعاثات في أي دولة نامية، حتى إذا كانت تلك الدولة لا تواجه قيودا إلزامية على ما تنتجه من غازات الاحتباس الحراري؛ إذ يمكن، مثلا، لشركة بريطانية تواجه حدودا قصوى صارمة (ومن ثم تكاليف مرتفعة) على انبعاثاتها في بريطانيا، أن تستثمر ببناء **توربينات ريحية**[1] في الصين، وبذلك يمكن أن تتراكم للشركة البريطانية أرصدة دائنة بقيمة الفارق بين انبعاثات «خط الأساس» التي كانت ستنطلق لو أحرق الصينيون الفحم (وهو أكثر مصادر الطاقة شيوعا في ذلك البلد) لتوليد الكمية نفسها من الكهرباء، والانبعاثات التي تنطلق من **مزرعة الرياح**[2] والتي هي بطبيعة الحال صفر. وبذلك تفوز الصين باستثمار أجنبي وببنية أساسية لتوليد الكهرباء، وتتمكن الشركة البريطانية من الوفاء بالتزاماتها البيئية بتكلفة أقل. وفيما يتعلق بالشركات التي توجد في البلدان الصناعية، غالبا ما تكون حقوق إطلاق الانبعاثات التي جمعت من خارج البلد أقل تكلفة من خفض الانبعاثات في الوطن الأم من خلال استحداث تقانات جديدة في مصانعها وبنيتها الأساسية القائمة فعلا.

ومنذ ذلك الحين تضاعف حجم سوق حقوق إطلاق الانبعاثات لآلية التنمية النظيفة، وبلغ حجم التبادل نحو ثلث في المئة من الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري في العالم ـ نحو 4.4 بليون دولار كقيمة سنوية.

ومع أن سرعة التوصل إلى اتفاق خطي في ختام مفاوضات كيوتو، فقد نفذت البلدان الصناعية ـ حيث الالتزامات أكثر إلحاحا ـ التزاماتها بدرجات متفاوتة. فالدول الكبرى ـ وبخاصة الولايات المتحدة، بل وأستراليا وكندا أيضا ـ نأت بنفسها عن معاهدة كيوتو. فقد رأت هذه الدول أن شروط المعاهدة باهظة التكلفة أو غير ملائمة لها من الناحية السياسية. إذن، الأثر الإجمالي للمعاهدة في مشكلة احترار الكرة الأرضية لم يصل إلى كامل طاقته، وهي طاقة ستتضاءل حتى لو امتثلت جميع البلدان لالتزاماتها. وغالبا ما تصطدم المعاهدات الدولية الكبرى بهذه العقبات. فبدافع الرغبة في التوصل إلى اتفاق، تمثل هذه المعاهدات اهتمامات شركاء أقل تحمسا وتوفر عادة بنودا تتيح التهرب بسهولة لمن لا يرغب في الامتثال لما تم الاتفاق عليه.

تقييم السياسة المناخية(*)

في ضوء التحدي المتمثل في وضع أهداف عالمية واقعية، فإن عملية وضع نظام عالمي يحد من سرعة تغير المناخ لا تزال في بدايتها في الوقت الحاضر بعد مضي ما يقرب من عشر سنوات على إبرام معاهدة كيوتو. وقد بدأت تتضح الآن ملامح سياسة فعالة تنتهجها مجموعة أساسية من أكثر البلدان التزاما بالسيطرة على الانبعاثات. وخلافا للنهج العالمي التكاملي المستهدف من معاهدة كيوتو، وضعت كل دولة استراتيجية خاصة بها للسيطرة على انطلاق غازات الاحتباس الحراري. ويعكس تنوع الخطط أوجه عدم التيقن الشديد للدول فيما يتعلق بأفضل السبل لإدارة الانبعاثات والتباين الشديد في قدرات الحكومات وأساليبها.

وتشكل الجهود التي تبذل للحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في الاتحاد الأوروبي عنصرا أساسيا في هذا الصدد. فمع انسحاب الولايات المتحدة من بروتوكول كيوتو، صار الاتحاد الأوروبي أكبر كيان سياسي يطبق خطة شاملة للسيطرة على الانبعاثات. ويضم النظام الأوروبي أقوى المؤسسات ويتبادل أكبر حجم من الأرصدة. كما قام الاتحاد الأوروبي بتوسيع نطاق السياسات القائمة لرفع كفاءة استهلاك الطاقة في 55 في المئة من مجمل انبعاثاته (التي تنطلق بشكل رئيسي من المنشآت وقطاع النقل). وتشمل هذه القواعد، مثلا، أهدافا اختيارية (ستصبح قريبا إلزامية) تتعلق بالاقتصاد في استهلاك وقود السيارات، تم التفاوض عليها مع صانعي السيارات.

أما ما تبقى من مصادر غازات الاحتباس الحراري في الاتحاد الأوروبي ـ والتي تعرف بأنها المصادر المنتجة «للانبعاثات الصناعية»، بما فيها محطات توليد الطاقة الكهربائية ـ فهي أقل عددا وأكبر حجما، ومن ثم يسهل السيطرة عليها. وأنشأت القواعد التنظيمية الأوروبية هيكلا سوقيا على مستوى القارة للتعامل مع هذه القطاعات التجارية، أطلق عليه اسم **نظام الحد الأقصى والاتجار** cap-and-trade-system وقد صمم على غرار برنامج ناجح أنشأته الولايات المتحدة خلال عقد التسعينات لخفض انبعاثات ثنائي أكسيد الكبريت، المسبب الرئيسي للمطر الحمضي. وبموجب الترتيب الأوروبي لهذا النظام، تخصص كل دولة أرصدة من الانبعاثات- ويمثل كل من هذه الأرصدة **رخصة (إذن)** permission لمنشآتها الصناعية بإطلاق طن واحد من غاز ثنائي أكسيد الكربون. وتمنح حقوق إطلاق الانبعاثات مجانا لمن يطلق انبعاثات لغاية حد معين يحسب على أساس الحد الأقصى من الانبعاثات المسموح بها لتلك الدولة. بعد ذلك تقرر فرادى الشركات ما إذا كان من الأوفر لها أن تخفض انبعاثاتها، ليتبقى لديها فائض من رخص إطلاق الانبعاثات يمكن أن تبيعها، أو أن تشتري

(*) Evaluating Climate Policy
(١) wind turbines
(٢) the wind farm

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

رخصًا من الشركات الأخرى في الأسواق الحرة. وتستطيع الشركات والحكومات شراء حقوق إطلاق الانبعاثات أيضا من آلية التنمية النظيفة ومن مشروع مماثل لإصدار حقوق إطلاق الانبعاثات في روسيا وغيرها من بلدان كتلة أوروبا الشرقية السابقة.

وإذا ثبت أن خفض الانبعاثات مرتفع التكلفة، فإن الطلب على **الرخص (الأذون)** permits سوف يزداد ومن ثم سترتفع أسعارها. وعلى العكس من ذلك، ستنخفض الأسعار إذا ظهرت في السوق تقانات منخفضة التكلفة للحد من إطلاق غاز ثنائي أكسيد الكربون أو إذا تسبب بطء النمو الاقتصادي في إضعاف الصناعات التي تطلق تلك الغازات. وبتحديد العدد الإجمالي للرخص، تعمل القواعد التنظيمية في الاتحاد الأوروبي على تثبيت مستويات التلوث، في حين تترك مسألة تحديد الأسعار للسوق. وتمتد فترة الاختبار للسوق الأوروبي الجديد من عام 2005 حتى نهاية هذا العام.

إن إنشاء سوق للكربون، كما هو الحال في أي سوق يستلزم منح حقوق ملكية جديدة يعتمد كلية على خيارات سياسية. وعادة ما يمارس السياسيون والصناعات المعنية ضغوطا من أجل إقامة أسواق تجارية كبديل عن فرض الضرائب، لأن الأنظمة السياسية تميل إلى منح معظم حقوق إطلاق الانبعاثات من دون مقابل. أما الضرائب، فتختلف عن ذلك في أنها تفرض تكاليف منظورة عديدة.

وفي الماضي طرح عدد قليل من الأنظمة التجارية بعض ما لديه من رخص للبيع في مزادات علنية، إلا أن «لكبار تُجار الكربون» - بما في ذلك شركات استخراج الفحم ومالكو محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالفحم - تنظيما لمقاومة مثل هذه المحاولات. فقد اتفقت الحكومات في الاتحاد الأوروبي على منح معظم رخص إطلاق الانبعاثات مجانا للجهات التي تقوم حاليا بإطلاق الانبعاثات؛ وسوف تحتاج معظم التشريعات المناخية المقترحة في الولايات المتحدة إلى عملية توزيع مجاني مماثلة. أما الحالات الأخرى التي وزعت فيها الحكومات حقوق الملكية (كتراخيص الهاتف المحمول، مثلا) كإعانات على هيئات خاصة، فلم يواجه فيها الإداريون مثل هذه المعارضة السياسية الشديدة في إقامة المزادات، لأن الصناعة لم تقم فعلا باستغلال الأصول العامة. ويختلف الأمر بالنسبة إلى الصناعات المعتمدة على الوقود الأحفوري، لأنها تتمتع منذ أمد بعيد بحرية إطلاق غازات الاحتباس الحراري في الجو. و**أسواق التلوث**[1] هي كيانات قانونية معتمدة: توصف بأنها ممتلكات قيمة لم يوجد لها مثيل من قبل. فالمشاركون في أسواق الكربون الجديدة معرضون للربح أو الخسارة وفقا للصورة التي تصاغ بها قواعد توزيع الأرصدة. وعندما يتعلق الأمر بتوزيع حقوق الملكية لأصول موجودة في حوزة جهات معينة فعلا، فإن التوزيع يكون متأثرا عادة بدوافع سياسية ولا يطرح في مزاد علني.

وقد يتم توزيع بعض هذه الرخص لضرورة سياسية لكونها تساعد على فتح الأسواق، حيث يحول أصحاب المصلحة الأقوياء - كجماعات الضغط السياسي الممثلة لصناعة الفحم - دون حدوث تقدم. أما إذا تم توزيع جميع الرخص، فإن قوة عمالقة الكربون والتقانات القديمة تصبح خطرا كبيرا.

إذن، ليس غريبا في ظل هذه الظروف أن يعاني سوق الكربون في الاتحاد الأوروبي مشكلات تعترض انطلاقه عبر تاريخه القصير. ففي كثير من الحالات، تأخرت خطط توزيع الرخص التي وضعتها كل حكومة إلى ما بعد التاريخ النهائي المحدد لها ولم تشمل جميع مطلقي الانبعاثات. إلا أن المشكلة التي أثارت أكبر قدر من الجدل تمثلت في محاباة السياسة لبعض الشركات أو القطاعات التجارية، أو في طرح رخص انبعاثات في السوق زهيدة الثمن، مثيرة للتساؤلات، تم الحصول عليها من آلية التنمية النظيفة. فالحكومة الألمانية، على سبيل المثال، حرصا منها على حماية صناعة الفحم في بلدها، منحت عددا كبيرا من الرخص المجانية لمحطات الطاقة الكهربائية التي تعتمد على الفحم، ثم تقاضى ملاك هذه المحطات من زبائنهم تكاليف الكربون التي لم يدفعها هؤلاء الملاك قط. وحدثت تجاوزات مماثلة في بلدان أخرى شملت هولندا وإسبانيا والمملكة المتحدة.

من حيث المبدأ، يقوم الاتحاد الأوروبي باستعراض عملية توزيع الرخص من جانب كل حكومة من الحكومات حتى لا تحصل الشركات ذات الحظوة على الدعم المالي بطريقة تفتقر إلى الإنصاف. ومع ذلك، تحتفظ الدول الأعضاء، عمليا، بمعظم الأوراق السياسية ولا تتردد في توزيعها بالطريقة التي تناسبها. فالاتحاد الأوروبي يفكر حاليا في إعادة توزيع الرخص ربما كل خمس سنوات، الأمر الذي يؤدي إلى توزيع رخص جديدة في كل جولة، ويزيد من صعوبة التخلص من التقانات التي ترتفع فيها نسبة الكربون وتسبب معظم الانبعاثات.

كما أن برنامج الولايات المتحدة الناجح للحد من الأمطار الحمضية، على الرغم من توزيعه لجميع الرخص تقريبا مجانا، حافظ على استقرار قواعده الأساسية على مدى عقدين من الزمان تقريبا، الأمر الذي يسر أداء السوق لوظائفه بطريقة ملائمة.

واجه الاتحاد الأوروبي أيضا متاعب للتأكد من أن مطلقي الانبعاثات والوسطاء والتجار يحصلون على معلومات تتسم بحسن التوقيت والدقة عن العرض والطلب في مجال رخص الاتجار بانبعاثات الكربون. فخلال الفترة التجريبية لمشروع الاتجار

(*) TOO MUCH CARBON
(١) pollution markets

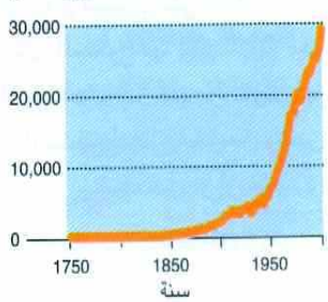
يتيح فرض ضرائب كربونية على الجهات التي تطلق الانبعاثات تجنب ما قد تنطوي عليه عملية توزيع رخص إصدار الانبعاثات من دوافع سياسية وفساد مع إضفاء الشفافية على تكاليف الامتثال.

[المشكلة]

كربون أكثر من اللازم(*)

يقول العلماء إن انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون المتزايدة والناتجة من احتراق الوقود الأحفوري، تسخن مناخ الأرض، مما يحتم بذل جهود مكثفة لخفض هذه الانبعاثات.

ثنائي أكسيد الكربون الناتج من احتراق الوقود الأحفوري على المستوى العالمي.
ملايين الأطنان



www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الاتجار بالكربون(*)

وافقت معظم الدول الصناعية، في إطار بروتوكول كيوتو الذي دخل حيز النفاذ في الشهر 2005/2، على خفض الانبعاثات الإجمالية لغازات الاحتباس الحراري بنسبة 5.2 في المئة (من مستويات عام 1990) في الفترة بين عامي 2008 و 2012. وحددت كل حكومة من الحكومات المشاركة هدفا قوميا لخفض انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون.

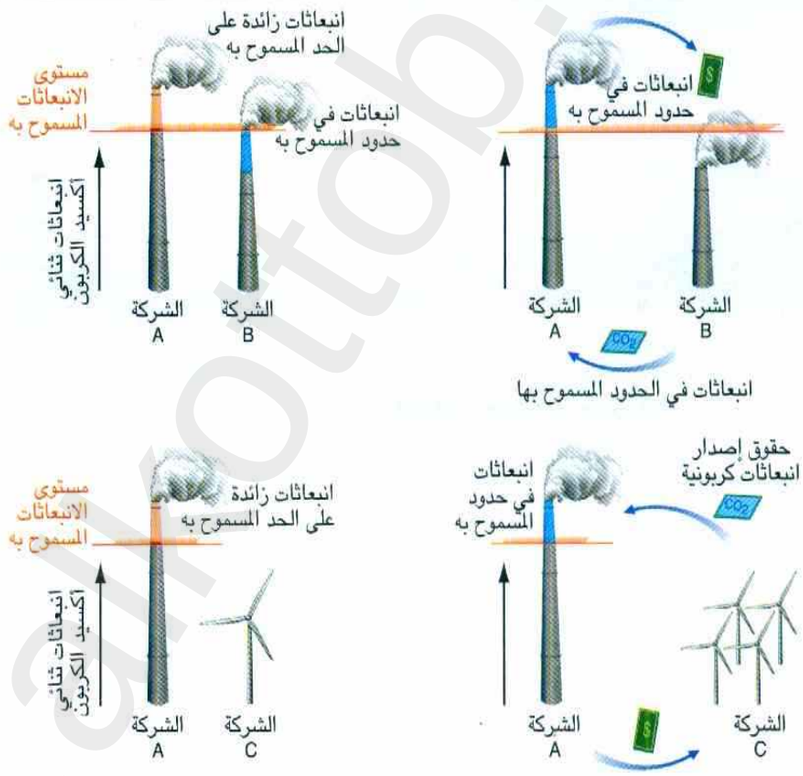
تشكل تجارة الكربون آلية سوقية لمعالجة التغير المناخي. ويتمثل المفهوم الرئيسي فيما يهم كوكب الأرض في أن مصادر غاز ثنائي أكسيد الكربون أقل كثيرا في أهميتها من الكميات الإجمالية المنبعثة. وعوضا عن إلزام كل دولة على حدة بتخفيض انبعاثاتها، توفر أسواق الكربون الجديدة حلولا بديلة لمن يلوثون الأرض، تتمثل في الاختيار بين دفع تكلفة تخفيض الانبعاثات الصادرة من معداتها أو الاستمرار في إطلاق ثنائي أكسيد الكربون مع دفع التكلفة لجهات أخرى ـ قد تكون منظمات في البلدان النامية، حيث تكون التكلفة أقل عادة ـ لخفض ما تنتجه من غازات الاحتباس الحراري. ومن الناحية النظرية، يؤدي هذا النهج إلى خفض الانبعاثات المسببة لارتفاع درجات الحرارة بأقل الأسعار.

يتم الاتجار في الكربون بطريقتين: الأولى هي أسواق الحد الأقصى والاتجار، حيث يتم تقليل الانبعاثات وتحصل الجهات التي تتسبب في التلوث على حقوق أو تصاريح يمثل كل منها طنا متريا من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون المسموح بإطلاقها، و يمكن الاتجار بها (*الشكل الأعلى*). وفي سنة 2005، وضع الاتحاد الأوروبي خطة للاتجار في الانبعاثات، وتمثل هذه الخطة نظاما إجباريا للحد الأقصى والاتجار يطبق على الشركات الأوروبية. واليوم أصبح هذا النظام الذي أنشأه الاتحاد الأوروبي أكبر سوق للكربون في العالم.

وتتمثل الطريقة الرئيسية الثانية للاتجار في الكربون في حقوق مالية تطرحها المشروعات للتعويض عن الانبعاثات أو ملاشاة أثرها (*الشكل في الأسفل*). فمثلا، تسمح آلية التنمية النظيفة المنبثقة من بروتوكول كيوتو للدول الصناعية بالحصول على استحقاقات إذا قامت بتمويل مشروعات في البلدان النامية تتميز بانخفاض ما تنتجه من الكربون.

ولا يوجد مقياس دقيق لحجم الاتجار في الكربون على الصعيد الدولي، لأن أسواق الكربون لا تزال أسواقا جديدة إلى حد ما، ولأن البيانات الخاصة بالمعاملات لا تتوفر بالسرعة الكافية، كما يوجد عدد كبير من الخطط المختلفة. ومع ذلك، تشير تقديرات البنك الدولي إلى أن قيمة الكربون المتاجر فيه في سنة 2006 بلغت نحو 30 بليون دولار.

D.G.V. _ D.C.



سوق الحد الأقصى والاتجار

افترض أن الشركة A تطلق كمية من ثنائي أكسيد الكربون تزيد على الحد المخصص لها، في حين تطلق الشركة B كمية أقل من المسموح لها بها (*الشكل في اليسار*). تستطيع الشركة A عندئذ أن تدفع للشركة B ثمن رخصها غير المستخدمة وتستخدمها للوفاء بالتزاماتها (*الشكل في اليمين*).

المبادلة بالتعويض

تخيل أن الشركة A قد تجاوزت حصتها من الانبعاثات. تستطيع الشركة A، من خلال آلية كيوتو للتنمية النظيفة، أن تستثمر في مشروع لخفض انبعاثات الكربون تنفذه الشركة C في دولة نامية بتكلفة تقل عن تكلفة مشروع مماثل ينفذ في الدولة المتقدمة (*الشكل في اليسار*). تحصل الشركة A بذلك على الرخص التي تحتاج إليها بتكلفة منخفضة وتحصل الشركة C على الأموال التي تحتاج إليها للاستثمار، في حين تقل الكمية الإجمالية لثنائي أكسيد الكربون التي تنفذ إلى الغلاف الجوي عن الكمية التي كانت ستنفذ إليه لو أن الدولة النامية لجأت إلى مصدر للطاقة يعتمد على الوقود الأحفوري (*الشكل في اليمين*).

بالانبعاثات، سبب الارتباك في السوق انهيارا شديدا في الأسعار: من نحو 40 دولارا للطن الواحد من ثنائي أكسيد الكربون عند الافتتاح إلى نحو دولار واحد للطن في يومنا هذا. وقد نتجت هذه الخسارة في قيمة الكربون عندما اتضح أن حكومات الاتحاد الأوروبي قد أغرقت السوق بكميات هائلة من الرخص، تماما كما يحدث عندما تتسبب البنوك المركزية السيئة الإدارة في حدوث تضخم بطبع كميات زائدة من الأوراق النقدية. واتخذ الاتحاد الأوروبي، لمواجهة هذه المشكلة، إجراءات مشددة تنفذ خلال الفترة التجارية المقبلة (2008 - 2012) أدت إلى ارتفاع أسعار هذه الرخص إلى نحو 30 دولارا أمريكيا.

نمو الأسواق على المستوى العالمي(**)

تعلمنا من تجربة الاتحاد الأوروبي أن الأنظمة التجارية، كما هو الحال في كافة الأسواق، لا تظهر من تلقاء ذاتها. فقد أكد المؤرخون الاقتصاديون أن الأسواق تحتاج إلى مؤسسات أساسية قوية لتوزيع حقوق الملكية ورصد السلوك وتحقيق الامتثال. وتابع الاتحاد الأوروبي لمدة طويلة مسار ملوثات أخرى (مثل أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين) تنبعث من المصادر الصناعية نفسها. كما تتمتع الأنظمة القانونية الإدارية الأوروبية بتاريخ طويل في مجال

(*) THE CARBON TRADE
(**) Growing Markets Worldwide

www.alkottob.com

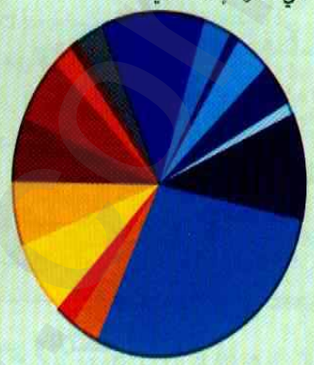
www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

تمويل المشروعات الخضراء المقامة بعيدا عن الشاطىء(*)

تتيح آلية التنمية النظيفة (وهي تنظيم تابع لبروتوكول كيوتو) للشركات في الدول الصناعية أن تستثمر في مشروعات خفض غازات الاحتباس الحراري في البلدان النامية كبديل لجهود أكثر تكلفة في الدول الصناعية ذاتها. وتوفر هذه الصفقات للشركات المستثمرة أرصدة لخفض الانبعاثات. وتبين الأشكال البيانية الدائرية (في *الأسفل على اليمين*) أنواع ومواقع 1543 مشروعا في خطوط إمداد آلية التنمية النظيفة. ويذهب المنتقدون للآلية ـ وهم محقون فيما يذهبون إليه ـ إلى أن بعض تخفيضات الانبعاثات التي تدخل في إطار آلية التنمية النظيفة (وبخاصة ما يتعلق منها بهيدروفلوروكربون-23) هي تخفيضات زائفة تدفع آلية التنمية النظيفة، مثلا، إلى دفع 12.7 بليون دولار (حتى سنة 2012) لمشروعات تتعلق بالهيدروفلوروكربون-23 كان ينبغي ألا تزيد تكلفتها على 136 مليون دولار (*انظر المؤطر في الصفحة 70*).

المشروعات القائمة الممولة من آلية التنمية النظيفة

تفاصيل المشروعات الموجودة في خطوط إمداد الآلية



مشروعات خفض ثنائي أكسيد الكربون

- الحرارة المبددة 3%
- صناعة الإسمنت 2%
- الوقود المستمد من الكتلة الأحيائية 7%
- الطاقة المائية 6%
- طاقة الرياح 6%
- توربينات الغاز المشتركة 6%
- تحويل الوقود 2%
- كفاءة الطاقة 1%
- متفرقات 3%

مشروعات لخفض غازات النفايات الأخرى

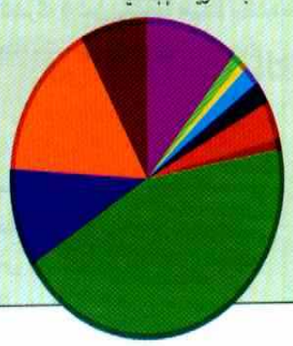
الميثان
- مقالب القمامة 11%
- الماشية 3%
- المياه المستعملة 1%
- حقول النفط 4%
- مناجم الفحم 4%

أكسيد النتروز
- حمض الكبريتيك 1%
- حمض الأديبيك 10%

- الهيدروفلوروكربون الناتج من صناعة التبريد 28%

المتوسط السنوي لرخص الكربون بحسب البلد المضيف

النسبة المئوية الإجمالية



البلد

- كوريا الجنوبية 8%
- الهند 16%
- البرازيل 10%
- الصين 44%
- جنوب إفريقيا 1%
- المكسيك 4%
- تشيلي 2%
- الأرجنتين 2%
- قطر 1%
- ماليزيا 1%
- البلدان الأخرى 9%

يمكن تعويض غازات الاحتباس الحراري المنبعثة من دول العالم المتقدمة (*الصورة العليا*) بنواتج البلدان النامية التي تحمل كميات منخفضة من الكربون (*الصورة السفلى*).

الإنفاذ الفعال. وفي غياب هذه المؤسسات تصبح رخص الاتجار بالانبعاثات في أوروبا عديمة القيمة.

إن الدور المركزي الذي تقوم به المؤسسات والمصالح المحلية هو السبب في تبني مناطق العالم المختلفة لأنظمة مختلفة للاتجار في الكربون؛ بل إن سوقا عالميا يولد في الوقت الراهن من القاعدة إلى القمة، وليس من القاعدة إلى القمة من خلال تفويض رسمي يتمثل في معاهدة دولية كبروتوكول كيوتو. وهذا يعني أن إنشاء نظام عالمي فعلا قد يستغرق عدة عقود.

وعندما تنشىء الولايات المتحدة نظاما قوميا للاتجار، فإن ميزان الاتجار في الانبعاثات الأمريكية يمكن أن ينتزع السيادة من الاتحاد الأوروبي في سوق الكربون العالمي المتنامي. إن الصورة الحقيقية التي سيكون عليها السوق الأمريكي سوف تزداد تعقيدا بحكم طبيعته الخاصة من حيث النمو. وتسعى عدة ولايات في الشمال الشرقي والغرب، إلى إنشاء أنظمة خاصة بها للاتجار في الكربون، بعد أن سئمت من عدم اتخاذ الحكومة الفدرالية أي إجراءات. ونحن نشك في أن هذه الأنظمة الخاصة بالولايات سوف تبقى على حالها عندما يتم تطبيق الخطة الفدرالية، لأسباب عدة ليس أقلها أهمية كون توليد الكهرباء (التي تنتج كميات كبيرة من ثنائي أكسيد الكربون) هو من الخدمات التي تنتقل عبر قطاعات كبيرة من شبكة الطاقة في البلد والتي لا يمكن التعامل معها بسهولة وفق نهج تحدده كل ولاية على حدة. وعلى الرغم من ذلك، قد تحتفظ بعض الولايات بقواعد أكثر صرامة يمكن أن ينجم عنها مزيج قومي مختلط من أنظمة الاتجار.

محاولة إقناع المترددين(**)

في غضون ذلك تضع بلدان ناشئة ـ كالصين والهند ـ أشد المعوقات أمام توسيع نطاق أنظمة الاتجار في الانبعاثات، لأنها تعطي الأولوية لنموها الاقتصادي وتعتمد بشدة على الوقود الأحفوري. وتزداد انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون في هذه البلدان بنحو ثلاثة أضعاف معدل زيادتها في الدول

(*) FINANCING GREEN PROJECTS OFFSHORE
(**) Wooing the Reluctant

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

المتقدمة. وسوف يتجاوز الناتج الإجمالي للبلدان الناشئة الناتج الإجمالي لدول الغرب الصناعية أثناء العقد القادم. وفي الوقت الراهن، تعد الصين أكبر دولة مُطْلِقَة للانبعاثات في العالم. يضاف إلى ذلك أن اقتصادات البلدان الناشئة غالبا ما تعتمد على تقانات قديمة تتيح الفرصة، من الناحية النظرية على الأقل، لتوفير المال إذا ما تم تطبيق ضوابط جديدة للانبعاثات.

إن إجبار البلدان الأقل نموا على الانضمام إلى نظام دولي للاتجار في الانبعاثات ليس من الحكمة في شيء. فهذه البلدان تنظر بحذر إلى القيود الاقتصادية، كما أنها ليست على يقين من مستوى انبعاثاتها في المستقبل وتكلفة الحد من إطلاقها. ولذا فإنها ستطالب بمساحة تتيح لها النمو. إن الموافقة على هذه الاستراتيجية، على الرغم من أنها تنطوي على حسن النية، تستلزم منح هذه البلدان حدودا قصوى مخففة لانبعاثاتها، الأمر الذي ينال من الجهود الرامية إلى التحكم في الانبعاثات في مكان آخر من العالم، لأن الفائض من الرخص سوف يغرق الأسواق العالمية.

يفسر الدور الرئيسي للمؤسسات والمصالح المحلية سبب إنشاء منظومات مختلفة للاتجار بالكربون في مناطق مختلفة من العالم.

[العثرة رقم 1]

أسواق من العدم(*)

عندما تنشىء إحدى الحكومات سوقا للاتجار في ثنائي أكسيد الكربون، فإن هذه العملية تقتضي منح حقوق للملكية في مناطق لم يكن لهذه الحقوق وجود فيها من قبل. ومما يؤسف له أن شركات لها علاقاتها السياسية حصلت على معاملة تفضيلية نتجت منها مكاسب مالية مفاجئة. وعلى سبيل المثال، عندما كان مشروع الاتحاد الأوروبي للاتجار في الانبعاثات قيد الإنشاء، منحت الحكومة الألمانية حقوقا مجانية لإطلاق انبعاثات لمحطات للطاقة تعمل بإحراق الفحم يمتلكها نفر من أصحاب النفوذ السياسي تقاضوا من الزبائن تكلفة للكربون لم يدفعوها قط.

وعندما تنشأ هذه الأسواق، يتعين أن تكون أرصدة إطلاق الكربون التي يتم إصدارها مطابقة للناتج الحقيقي من انبعاثات الكربون، الذي قد يكون من الصعب تقديره. وفي حالة تخصيص عدد زائد من الرخص، تهبط قيمة كل رخصة عندما يعرف مقدار الزيادة في الرخص الموزعة وهو ما حدث فعلا لخطة الاتحاد الأوروبي للاتجار في الانبعاثات بعد الشهر 2006/4 (*انظر المنحنى البياني*).

ويمكن تجنب كثير من هذه المشكلات بأن تباع رخص الانبعاثات إلى من يتقدمون بأعلى الأسعار في مزاد علني يعقد لبيعها. وثمة استراتيجية أفضل تتمثل في إنشاء برنامج ضريبي للكربون، يمكن من خلاله تجنب توزيع حقوق ملكية ثمينة قد تتدخل فيها الدوافع السياسية ويتسلل إليها الفساد، ويضفي الشفافية على تكاليف الامتثال ـ بحيث يتمكن منتجو الطاقة من قياس حجم الاستثمارات اللازمة.

D.G.V. - D.C.

ارتفاع وانخفاض أسعار الرخص الأوروبية

تفاقمت التقلبات في أسعار رخص انبعاثات الكربون عندما وزعت البلدان الأوروبية على الجهات المحلية المسببة للتلوث عددا مفرطا من الرخص، مما أدى إلى تضخم اسعارها حتى أصبحت الزيادة في التوزيع معروفة للمتاجرين فيها في سنة 2006.

وبدلا من محاولة إجبار هذه الدول على الالتزام بسقف لانبعاثاتها قد ترفضه، لجأت آلية التنمية النظيفة إلى تسوية تتمثل من الناحية النظرية في وعد بتقييد الاتجار في المناطق التي نفذت فيها الدول النامية تخفيضات حقيقية. ونظرا إلى أن الاتحاد الأوروبي يمتلك أكبر سوق لرخص الاتجار في الانبعاثات، فقد تلاقت أسعار آلية التنمية النظيفة مع الأسعار المحددة في المناطق المذكورة.

التلاعب بالأسواق(**)

بيد أن هنالك في حقيقة الأمر جانبا معتما للمفهوم الذي يشكل أساسا لآلية التنمية النظيفة يلقي بظلاله على نزاهة أسواق الكربون جميعها. فقد واجه المستثمرون صعوبة في تحديد **قيم الانبعاثات القاعدية**(١) لعدة مشروعات ـ وهو السيناريو التجاري المعتاد الذي تقاس على أساسه انبعاثات المشاريع الجديدة. فجعلوا تركيزهم على المشروعات التي تنشئ تقانات هامشية يطلق عليها تقانة نهاية الأنبوب (المرحلة الأخيرة)، وذلك بدلا من إدخال تعديلات جوهرية على أنظمة الطاقة يمكنها أن تخفض فعلا انبعاث غازات الاحتباس الحراري. وعلى سبيل المثال، ينشأ نحو ثلث عدد رخص آلية التنمية النظيفة التي تتجه من المصدر إلى المستفيد من مشروعات تهدف إلى التحكم في غاز صناعي جانبي واحد هو تريفلورومیثان، أو هيدروفلوروكربون-23 وهو أحد غازات الاحتباس الحراري تزيد قوته بنحو 12 000 ضعف على قوة غاز ثنائي أكسيد الكربون (*انظر المؤطر في الصفحة 70*).

وتكمن المشكلة في الطريقة التي يمكن بها التوصل إلى أنجع السبل للحد من إطلاق الهيدروفلوروكربون-23 في البلدان النامية. ففي الدول الصناعية قامت جميع المصانع بتركيب أجهزة غير مكلفة لإزالة هذه المادة الكيميائية وأشركت الشركات الصناعية الرئيسية الشركات الجديدة في هذه التقانة. غير أن المنتجين في البلدان النامية اكتشفوا أن تجنب تركيب هذه التجهيزات يسمح لها بالمحافظة على خط أساسها المرتفع. وبذلك يحصلون على عدد كبير من الرخص التي تطرحها آلية التنمية النظيفة بأسعار تحددها المستويات الأوروبية المرتفعة ـ وهي أسعار لا صلة لها بالتكلفة الحقيقية للتحسينات اللازمة لمعالجة ما تبقى من الهيدروفلوروكربون-23. ونتيجة لذلك، سيجني المستثمرون في هذه المشروعات ما يصل مجموعه إلى 12.7 بليون دولار أمريكي حتى سنة 2012، حسب تقديرات المحامي <M. وارا> [زميلنا في جامعة ستانفورد]، في حين لا تحتاج تقانة إزالة

(*) MARKETS FROM THIN AIR
(**) Manipulating the Market
(١) baseline emissions values

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

[كميات الكربون]

الاتجار مقابل الانبعاثات(*)

تتضاءل كمية غازات الاحتباس الحراري المتاجر فيها سنويا في أسواق الكربون مقارنة بحجم الانبعاثات السنوية الصادرة عن الكرة الأرضية.

تشير الأرقام التالية إلى ملايين الأطنان المترية (المكافئة من ثنائي أكسيد الكربون):

الانبعاثات الإجمالية من غازات الاحتباس الحراري في الأرض **49 000**

الكميات الإجمالية المتاجر فيها من الكربون في العالم سنة 2006 **1597**

لوضع الرقم الأقل في إطاره الصحيح: عندما تكون كمية الانبعاثات الصادرة عن سيارة متوسطة الحجم نحو خمسة أطنان مترية من ثنائي أكسيد الكربون في السنة، يصبح ما يوجد من الكربون في السوق العالمي مكافئا لثنائي أكسيد الكربون المنبعث من 300 مليون سيارة (يوجد في الولايات المتحدة نحو 250 مليون سيارة ركاب).

الهيدروفلوروكربون-23 سوى 136 مليون دولار.

ثمة نهج أفضل للتعامل مع الهيدروفلوروكربون-23 وغيره من الغازات الصناعية يتمثل بكل بساطة في أن تسدد البلدان النامية بطريقة مباشرة ثمن المعدات الضرورية. فبروتوكول مونتريال، الذي حقق نجاحا، استخدم هذا الأسلوب للمحافظة على طبقة الأوزون. وقد زاد الاتحاد الأوروبي الكارثة من انهيار آلية التنمية النظيفة باعتماده أية رخص تمت الموافقة عليها بموجب قواعد هذه الآلية التي تحددها عملية بطيئة ومرهقة تتم في إطار بروتوكول كيوتو. وعندما تنشئ الولايات المتحدة سوقها الخاص للكربون، يتعين عليها أن تطرد هذه الرخص الزائفة من السوق بوضع قواعدها الصارمة الخاصة التي تحدد إمكانية حصول المشاركين على رخص من آلية التنمية النظيفة ومن البرامج الأخرى الموازنة لها.

ولا يكفي تحسين آلية التنمية النظيفة لإشراك البلدان النامية في الحد من الانبعاثات، كما أن ممارسة الضغوط على هذه البلدان للحد من انبعاثاتها قد تؤدي إلى عكس النتائج المرجوة.

ويمكن اللجوء إلى استراتيجية أكثر فعالية تتمثل في التركيز على الحالات التي تتماشى فيها مصالح هذه البلدان في الوقت الراهن مع هدف خفض نسبة الكربون. فقد كانت المخاوف التي ساورت الصين مثلا حول أمن الطاقة هي الدافع وراء تشجيعها على رفع كفاءة الطاقة. ويعتقد المحللون أن التغيرات السياسية الحميدة يمكن أن تؤدي إلى خفض انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون بمعدل بليون طن في السنة حتى سنة 2020. في غضون ذلك تشير الحسابات التي أجراها برنامجنا البحثي إلى أن الضغوط التي تمارسها الهند من أجل التوسع في برنامج لاستخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية، يمكن أن تؤدي إلى خفض انبعاثات الكربون بمعدل يصل إلى 150 مليون طن في السنة. بالمقابل، فإن جهود الاتحاد الأوروبي لتحقيق أهداف بروتوكول كيوتو ستؤدي في مجملها إلى خفض الانبعاثات بنحو 200 مليون طن سنويا فقط. كما أن وفورات كافة مشروعات آلية التنمية النظيفة تصل إلى 170 مليون طن في السنة.

خطة خمسية الخطوات(***)

نظرا لخطورة التحدي المناخي وعواقب التأخير نوصي باتخاذ خمس خطوات للتوصل الى استراتيجية أكثر فعالية.

أولا: يتعين على الولايات المتحدة صياغة سياسة ضريبية إلزامية للتحكم في مخرجات غازات الاحتباس الحراري. فعوضا عن نظام للحد من الاتجار من خلال فرض حد أقصى، يمكن من خلال فرض ضريبة على مطلقي غاز ثنائي أكسيد الكربون تجنب عملية توزيع حقوق الملكية العالية القيمة، وهي عملية مشحونة بالتوجهات السياسية ومعرضة للفساد، مع إبراز تكاليف الامتثال على المدى البعيد لكي تتمكن الصناعة من التخطيط بكفاءة أكبر. كما أن تقلبات الأسعار في نظام الحد من الاتجار من خلال فرض حد أقصى تعيق التخطيط السليم.

ثانيا: إذا كان الكونغرس يفضل نظام الحد من الاتجار من خلال فرض حد أقصى، فإن التسوية الذكية تقتضي إنشاء صمام أمان يحدد سقفا لأسعار الرخص حتى تشعر الصناعة بشيء من اليقين حول تكلفة الامتثال. (من الناحية العملية، يمكن للحكومة أن تحقق ذلك من خلال تعهدها بطرح رخص إضافية بسعر محدد. قد لا يكون لهذه الرخص الإضافية أثر كبير في الكمية الإجمالية للانبعاثات المنطلقة، في حين يجلب استقرار السعر الناتج من ذلك فوائد اقتصادية كبيرة). ويتعين أن يكون هذا السعر، الذي يحول أساسا الخطة

(*) TRADES VS. EMISSIONS
(**) GAMING THE SYSTEM
(***) A Five-Step Plan

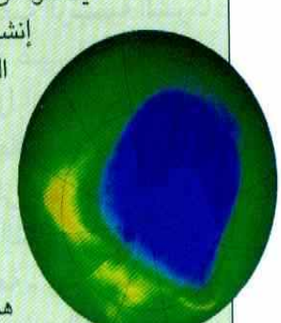
[العثرة رقم 2]

تهيئة النظام(**)

تواجه جميع الأسواق الناشئة القائمة على حقوق الملكية التي تخصصها الحكومات، المشكلات نفسها ـ توخي الإنصاف في نشر المعلومات المتعلقة بالاتجار وسوء استغلال قواعد اللعبة ـ إذ يتمكن المشترون، الذين حصلوا مبكرا على معلومات أكمل قبل غيرهم من شراء الممتلكات بأسعار زهيدة جدا قبل أن تقيم التقييم الصحيح، ثم يحققون أرباحا عندما ترتفع قيمة تلك الممتلكات. وقد حدث ذلك فعلا عندما بدأ تشغيل آلية التنمية النظيفة في إطار بروتوكول كيوتو؛ إذ ارتفعت فجأة قيمة التصاريح التي اشتراها المطلعون على المعلومات عندما بدأ الطلب عليها يتزايد من جانب الجهات المُصدرة للملوثات التي لم تطلع على المعلومات إلا في وقت متأخر. ونتيجة لذلك ربح المشترون الأوائل كل شيء.

كما عانت آلية التنمية النظيفة من عمليات تلاعب مصطنعة عندما وجد المستثمرون أنهم يواجهون صعوبات في تحديد الكميات الأساسية للانبعاثات التي تصدرها المرافق القائمة حتى يتمكنوا من مقارنتها بتلك التي ستصدر عن مشروعات خفض الكربون المزمع إنشاؤها. ولذا ركز المستثمرون بدلا من ذلك على استخدام التقانات الهامشية التي تركب عند طرف أنبوب العادم مفضلين ذلك على إجراء تغييرات أساسية في نظم التصنيع، ومن ثم يرتبط ما يقرب من ثلث عدد التصاريح المتعلقة بآلية التنمية النظيفة بمشروعات صممت للحد من انبعاث أحد غازات الاحتباس الحراري الشديدة التأثير ـ ثلاثي فلوروالميثان أو هيدروفلوروكربون-23 [انظر المؤطر في الصفحة 68]. وتوجد معدات منخفضة التكلفة يمكن أن توقف انبعاث الغاز هيدروفلوروكربون-23، ولكن الشركات في البلدان النامية وجدت أن تأجيل تركيب هذه المعدات يتيح لها تضخيم الكميات الأساسية. وقد ساعدتها عمليات التأجيل هذه على تجميع تصاريح إطلاق انبعاثات في إطار آلية التنمية النظيفة بأسعار أوروبية مرتفعة ـ أسعار غير مرتبطة بالتكلفة الفعلية لجهود الحد من تأثير هيدروفلوروكربون-23. وهكذا تمكنت هذه الشركات من تحقيق مكاسب بلغت قيمتها بلايين الدولارات، مع أن جميع الاستثمارات التي وظفت في كافة الجهود المتعلقة بثلاثي فلورو الميثان تقدر بمئات الملايين من الدولارات فقط.

D.G.V. - D.C.



سد فجوة الأوزون باستخدام مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون بدلا من مركبات الكلورو فلوروكربون كمواد تبريد أدى إلى تكون الناتج العرضي هيدروفلوروكربون-23، وهو مركب يؤدي إلى احترار المناخ ويتعين أيضا إزالته من الجو.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

التجارية إلى ضريبة، مرتفعا إلى درجة تؤدي إلى إرسال إشارة موثوق بها بأنه يتعين على مطلقي الانبعاثات الاستثمار في التقانات والممارسات التي تقلل من انبعاثات الكربون. وأيا كان النظام المتبع للحد من الاتجار من خلال فرض حد أقصى، فإن ثمة حاجة ملحة إلى طرح جميع الرخص للبيع في مزاد علني. ومن الناحية السياسية قد يكون من الضرورة بمكان منح جزء يسير من هذه الرخص لأهم جماعات أصحاب المصالح. ولكن الغلاف الجوي لكوكبنا هو من الموارد العامة التي يجب ألا تمنح لكل من يستفيد منها.

وثالث ما نوصي به أنه يتعين على الدول الصناعية وضع استراتيجية أكثر ذكاء لإشراك الأسواق الناشئة. فالذين يشترون رخص آلية التنمية النظيفة ـ وبخاصة الاتحاد الأوروبي واليابان ـ يحتاجون إلى ممارسة الضغوط على المجلس التنفيذي لآلية التنمية النظيفة من أجل إصلاح شامل. وسوف تكون ضغوطهم أكثر فعالية إذا ما اتخذوا إجراء لتقييد وصول رخص آلية التنمية النظيفة إلى أسواقهم التي أسست خطوط أساس تؤدي إلى إجراء تخفيضات صادقة. ويتعين على الولايات المتحدة أثناء رسمها لسياستها المناخية أن تضع قواعدها الخاصة أكثر تشددا فيما يتعلق بهذه الرخص. ويجب على أكبر المؤسسات المطلقة للانبعاثات، وعددها نحو 12 مؤسسة أن تعقد منتدى خارج إطار عملية كيوتو لصياغة استراتيجيات أكثر مرونة وفاعلية تلزم البلدان النامية بخفض (وفي النهاية عكس حركة) الزيادة في انبعاث الكربون. ويحتاج إلزام البلدان النامية بذلك، بجدية، إلى مجموعة معقدة من الإصلاحات لسياساتها تتلاءم مع حالة كل دولة على حدة. ويتعين تنفيذ هذه الإصلاحات من خلال العمل مع وزراء المالية والصناعة وليس مع الأجهزة البيروقراطية المعنية بالبيئة التي نادرا ما تكون دفة الأمور في يدها.

رابعا: يتعين على الحكومات أن تقر بأن مؤشرات الأسعار القائمة على السوق لن تكفي لإيجاد حل لهذه المشكلة. فتشجيع الاستخدام الرشيد للطاقة لا يستلزم فقط رفع أسعارها، على سبيل المثال، بل يحتاج أيضا إلى وجود معايير للمعدات وأوامر رسمية، لأن عددا كبيرا من مستخدمي الطاقة (خاصة مستخدمي الطاقة في المساكن) لا يستجيبون بشكل كاف لمؤشرات الأسعار بمفردها. ومن هنا، يتعين على الحكومات أن تشجع استخدام الطاقة التي تتميز بانبعاثات متدنية من الكربون أيا كانت مصادرها متجددة أو غير متجددة.

وأخيرا يتعين على الحكومات أن تتبنى استراتيجيات فاعلة من أجل ابتكار تقانات جديدة وتطبيقها، كمحطات الطاقة المتطورة المستخدمة للفحم التي تقوم بحقن انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون بشكل آمن في باطن الأرض. ويجب أن تصاغ هذه الخطط لتواجه ما يسمى «مفارقة السعر». ووفقا لدراسة أعدها معهد أبحاث الطاقة الكهربائية، فإذا ما تم تطبيق أسعار الكربون الأوروبية الحالية في الولايات المتحدة، فإنه ستتوقف معظم المنشآت فورا عن إدخال تقانات جديدة لتوليد الطاقة. وفي مناطق كثيرة من الولايات المتحدة ستظل محطات الطاقة التقليدية التي تعمل بإحراق الفحم، أقل تكلفة من تقانة الفحم المتطورة أو الطاقة النووية أو مزارع الرياح أو التوربينات التي تعتمد على الغاز الطبيعي. وقد يشجع رفع أسعار الكربون إلى نحو 40 دولارا أو أكثر للطن الواحد من ثنائي أكسيد الكربون على استخدام أوسع للتقانات الجديدة، غير أن ذلك لا يبدو محتمل الحدوث من وجهة نظر سياسية. فالحلول تتطلب تمويلا خاصا من أجل طرح التقانات النافعة للاستخدام تجاريا، كما تستلزم استعراضا يولي الدرجة نفسها من الاهتمام لجميع العوامل التي تعيق التغير كعدم التيقن من الطريقة التي ستلجأ إليها الحكومات لتنظيم محطات الطاقة الجديدة.

ولتحقيق النجاح، يتعين على العالم أن يحرز تقدما في هذه الجبهات الخمس. ومع أنه يتعين علينا أن نولي كلا من العلم والهندسة العناية الواجبة، فإن الخطر الأعظم يتمثل في عدم صياغة مؤسسات إنسانية وسياسات تشجع الناس على الإقلال من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ■

WAYS TO CURB CARBON (*)

[الخطوات التي تؤدي إلى النجاح]

وسائل الحد من الكربون(*)

1. ينبغي لحكومة الولايات المتحدة أن تستحدث سياسة ضريبية إلزامية للحد من الانبعاثات. وتوفر الضرائب إشارات سعرية طويلة الأجل وواضحة تمكن الشركات من التوظيف المستنير للاستثمارات في خفض الانبعاثات الكربونية. وعلى العكس من ذلك، تؤدي التقلبات السعرية المتأصلة في أنظمة الحد الأقصى والاتجار إلى عرقلة التخطيط. كما تقلل نظم الضرائب من فرص المحاباة والفساد السياسيين، فضلا عن أنه يمكن بسهولة تعديلها كلما دعت الحاجة إليها.

2. إذا أنشأت الولايات المتحدة نظاما للحد الأقصى والاتجار، فسوف يتعين عليها إيجاد صمام أمان يحدد سقفا سعريا لتصاريح إطلاق الكربون من أجل تمكين الشركات من تقدير تكلفة الالتزام تقديرا يعول عليه. وينبغي عرض جميع التصاريح في أي نظام للحد الأقصى والاتجار للبيع بالمزاد العلني لتجنب عمليات المحاباة السياسية.

3. يجب على الدول الصناعية إيجاد وسائل لإشراك البلدان التي انضمت مؤخرا إلى عملية خفض انبعاثات الكربون. وستحتاج هذه العملية إلى حزم معقدة من الإصلاحات المتعلقة بالسياسات والمصممة لتلائم الظروف الخاصة لكل بلد.

4. سوف تستلزم أي عملية فعالة للحد من الانبعاثات الجمع بين سياسات مناخية قائمة على السوق (مثل: ضرائب الكربون وبرامج اتجار أفضل) وقواعد تنظيمية تعجل باعتماد تقانات جديدة.

5. يتعين على الحكومات صياغة استراتيجيات ناشطة لاستنباط نظم جديدة واسعة النطاق وطويلة الأجل لطاقة منخفضة الانبعاثات.

D.G.V. - D.C.

مراجع للاستزادة

Architectures for Agreement: Addressing Global Climate Change in the Post-Kyoto World. Edited by Joseph E. Aldy and Robert N. Stavins. Cambridge University Press, 2007.

Is the Global Carbon Market Working? Michael Wara in *Nature*, Vol. 445, pages 595–596; February 8, 2007.

Promoting Low-Carbon Electricity Production. Jay Apt, David W. Keith and M. Granger Morgan in *Issues in Science and Technology*, Vol. 23, No. 3; Spring 2007. www.issues.org/23.3/apt.html

Climate Change Legislation Design White Papers. Committee on Energy and Commerce, October 2007. http://energycommerce.house.gov

Climate Change Research Platform. Program on Energy and Sustainable Development. http://pesd.stanford.edu/climate

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

Majallat AlOloom
المجلد 25 ـ العددان 2/1
يناير/فبراير 2009
مجلة العلوم

مخاطر مالية: أية نمذجة رياضياتية؟(*)

أثارت الأزمة المالية العالمية الحالية تساؤلات حول دور **النماذج الرياضياتية**(١) في المالية. إن هذه النماذج ضرورية لكن ينبغي إدراك حدودها.

<R. كونت>

تدخل النماذج الرياضياتية جميع قطاعات المالية الحديثة: تسيير المحافظ، تقييم **المشتقات المالية**(٢)، **الضبط الاحتياطي**(٣) للبنوك، معايير مراقبة المخاطر وتسييرها. ومع ذلك، يشير بيان حديث العهد صادر عن أكاديمية العلوم الفرنسية إلى أن «دورها ليس معروفا بما فيه الكفاية، وغالبا ما تضخّم قيمته، وأحيانا يعتبر دورا ضارا.» لقد اتخذ هذا النقاش منحى خاصا في وسائل الإعلام الفرنسية. ففي هذا الزخم الغريب الأقرب إلى تصفية حسابات مع الرياضيات ـ الأداة المثيرة للجدل القائم حول موضوع الانتقاء في المنظومة التربوية الفرنسية ـ اتهمت وسائل الإعلام في فرنسا الرياضيات المالية بأنها كانت السبب في الأضرار التي لحقت بنا، وذلك بالإشارة عشوائيا إلى قانون سكولز-بلاك Scholes-Black وإلى الإفراط في استخدام النماذج الرياضياتية في الاقتصاد... إنها أحكام سهلة تتجنب التفكير في الجذور الاقتصادية للأزمة، بتضخيمها لدور **النماذج الكمية**(٤).

يكمن سبب الأزمة المالية في انفجار **فقاعة المضاربة**(٥) العقارية بالولايات المتحدة. وهذه الظاهرة بعيدة عن أن تكون ظاهرة «غير مسبوقة»، كما ردد البعض، بل إنها استعادت وضعية مألوفة لدى رجال الاقتصاد، حيث إنها سجلت تكرارات تاريخية عديدة قبل ظهور «الرياضيات المالية» أو أبسط مشتقاتها بكثير.

تُستخدم النماذج الرياضياتية في المالية لقياس حجم مخاطر الاستثمارات وتقديرها. ومن هذا الباب فهي تؤدي دور الأداة المساعدة على اتخاذ القرار من قبل المسيرين والمستثمرين وخبراء الضبط. غير أن صناديق الاستثمار لا تتخذ قرارا حاسما في موضوع الاستثمار بناء على قانون رياضياتي إلا في حالات نادرة جدا. وقرار بنوك الاستثمار الأمريكية القاضي بالاستثمار المكثف في القرض الرهني كان مبررا بالبحث عن مداخيل تتزايد باستمرار، ولم يكن هذا القرار معتمدا على نموذج رياضياتي.

غير أنه حتى وإن لم تكن النماذج الرياضياتية متسببة في هذه الأزمة، فإن هذه الأخيرة قد كشفت عن بعض مواطن الضعف في تسيير ونمذجة المخاطر في البنوك ووكالات التقييم وأنظمة الضبط(٦)، والمؤسسات المالية. فهل يتعلق الأمر بضعف الطرق الكمية، أو بسوء استخدام هذه الطرق، أو بعدم استعمال الطرائق المتاحة؟

ليس هدفي هنا تحليل الأزمة المالية، بل سأتخذها ذريعة للقيام بعملية فحص كاشفة للنمذجة الرياضياتية في المالية، ولدورها وحدودها وآفاق تطويرها. وخلال هذه العملية سأسوق أمثلة لأزمات حديثة وأخرى أقل حداثة مرتبطة بالمفاهيم قيد المناقشة.

إن المالية تخصص كمّي في جوهره: فحساب الأرباح وخسارات الاستثمارات، وحساب الفوائد على القروض، الخ...، جميعها عمليات تتدخل فيها الرياضيات.

كما أن مستواها يتعقد بمجرد توجيه اهتمامنا إلى الأرباح والخسارات المستقبلية بدلا من تلك التي سبق حدوثها؛ إذ ينبغي علينا عندئذ **تكميم الارتياب**(٧) حول حركات الأسعار المستقبلية باستخدام الاحتمالات والإحصائيات.

لقد كان الرياضياتي الفرنسي <L. باشُلييه> أول من رفع هذا التحدي عندما نمْذَج عام 1900 تغيرات الأسعار المصرفية باعتبارها متغيرات عشوائية مستقلة وذلك بناء على القاعدة التالية التي كانت تعدّ ثورية إلى حد ما في فترة كان العلم فيها تتحكم فيه **حتمية لابلاس**(٨) Laplace: «لا تخضع السوق إلاّ لقانون واحد: قانون الصدفة.»

الصدفة المفيدة والصدفة الضارة(**)

لقد افترض <باشُلييه> أن تغيرات سعر سهم $P(t)$ خلال فترات زمنية متتالية هي بمثابة متغيرات عشوائية مستقلة تخضع

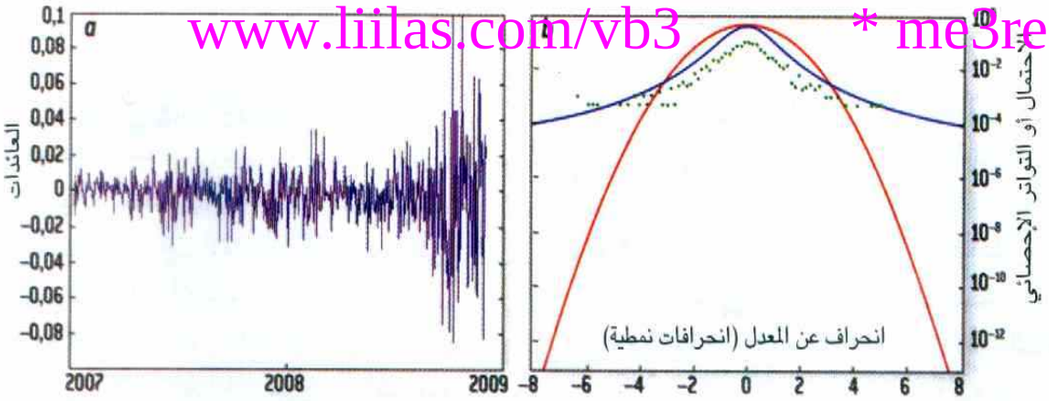
(*) هذه ترجمة للمقالة بعنوان : Risques financiers: quelle modélisation mathématique? وقد صدرت في عدد الشهر 2009/1 من مجلة *Pour la Science* الفرنسية، وهي إحدى أخوات *العلوم* الثماني عشرة التي تترجم مجلة *Scientific American*.

(**) Hasard sage et hasard sauvage

(١) modèles mathematiques
(٢) produits dérivés
(٣) régulation prudentielle
(٤) modèles quantitatifs
(٥) bulle spéculative
(٦) systèmes de régulation
(٧) quantifier lincertitude
(٨) determinome laplacien

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *



الشكل 1 : العائدات اليومية لمؤشر داوْ جونز خلال عامي 2007 و 2008 (*البيان a*) لها توزيع إحصائي (*ممثل بنقاط في البيان b*) أقرب إلى قانون «سَمِيك الأذيال»، مثل قانون Student ذي المعامل 3 (*بالأزرق*)، من قانون كاوس (*بالأحمر*). والتوزيعات الثلاثة الممثَّلة لها الانحراف النمطي نفسه والمعدل نفسه.

لقانون من قوانين گاوس (هو منحنى احتمالي على شكل جَرَس يتناقص بسرعة **أسّية**[1] على طرفي **المعدَّل**[2]). وبعبارة أخرى، فإن قيم الانحراف $P(t+h)-P(t)$ لسعرين بين كل لحظتين متتاليتين لها احتمال يبيّنه قانون گاوس، المتميز **بانحرافه النمطي**[3]، وهو يقيس مدى التقلبات بالنسبة إلى المعدل، أي مدى قابلية السهم «**للتبخر**»[4].

ويترتب على نموذج باشلييه أن سعر السهم أو المؤشر في البورصة يخضع **لسيرورة براوْنية**[5] شبيهة بالحركة المتقطعة للجسيمات المجهرية الخاضعة للصدمات العشوائية التي تتلقاها الجزيئات المحيطة بها. وكان الأمريكيان <M. سكولز> و<F. بلاك> قد قاما خلال سبعينات القرن الماضي بتعديل طفيف لنموذج باشلييه بهدف تمثيل العائدات (أو التغيّرات اللغاريتمية) لسهم باعتبارها متغيرات عشوائية مستقلة وگاوسية (نسبة إلى گاوس).

ولهذه النماذج ميزة مشتركة، وهي أنها تكمّم الارتياب في القيمة المستقبلية لمحفظة مصرفية وذلك باستخدام مفهوم «التبخر» أو «**التغاير**»[6]. وعندما نكمّم هذا الخطر، فإننا نستطيع استعراض الأدوات الرياضياتية التي تُمكن من تقليصه. وهكذا في عام 1954، اقترح <H. ماركوڤيتز> [الحائز على جائزة نوبل في الاقتصاد عام 1990] طريقة لبلوغ الحد الأدنى لخطر محفظة بافتراض عائد معلوم. وهذا ما أسس لنظرية **أمْثَلة محفظة**[7] مصرفية.

وهناك إمكانية أخرى تتيحها هذه النماذج تتمثل باعتبار عقود التأمين ضد تقلبات الأسواق مشتقات مالية أو **الخيارات**[8]، ودعمها قليلا كما يفعل **خبير أكتواري**[9] لدى حسابه منَح التأمين. وقد ذهب <بلاك> و<سكولز> و<R. ميرتن> إلى أبعد من ذلك في تحليل باشلييه لإثبات أن فرضياتهم تسمح بحساب قيم ـ منح ـ عقود التأمين. إنها قاعدة بلاك-سكولز-ميرتن الشهيرة التي رأت النور عام 1973 في الوقت نفسه الذي ظهرت فيه أول سوق منظمة للخيارات بمدينة شيكاگو، مسجلة بذلك ميلاد نظرية **تقييم الخيارات**[10].

وتُمكّن هذه النمذجات من قياس خطر محفظة مصرفية بمؤشر بسيط ـ وهو تبخّره المعرّف بكونه يعادل **الانحراف النمطي**[11] لعائداته اليومية. ويقيس هذا المؤشر مستوى التقلبات النمطية اليومية للسعر. غير أنه إذا كان الهدف يتمثل في تكميم خطر محفظة مصرفية، فإن الأهم ليس هذه التغيرات «النمطية» بل التغيرات الحادة المؤدية إلى تسجيل أرباح أو خسارات بالغة.

لكن الانحراف النمطي لا يدلنا على التقلبات البالغة التي يمثلها ذيل التوزيع الاحتمالي. فإذا افترضنا وجود توزيع گاوسي للعائدات اليومية، فإن احتمال انحراف عائد معيّن عن معدله بمقدار 4 انحرافات نمطية هو احتمال أقل من 0.01 في المئة، أي إنه حدث لا نشهده إلا مرة واحدة كل 63 سنة؛ في حين أنه إذا استعضنا عن التوزيع الگاوسي بتوزيع <ستودنت> Student وسيطه 3 وبالانحراف النمطي نفسه، فإن الاحتمال نفسه سينتقل إلى 0.62 في المئة، أي إنه حدث نشهده بمعدل مرتين في السنة! وهكذا نرى أن الفرضية التي نتبناها في توزيع العائدات لها انعكاسات مهمة على المخاطر.

كيف يمكن مقارنة هذه الأرقام فيما بينها بمراعاة ما نشهده في السوق؟ تحتوي سلسلة العائدات اليومية على مدى سنتين لمؤشر **داو جونز**[12] Dow Jones (*انظر الشكل 1*) على 16 مشاهدة يتجاوز مداها أربعة انحرافات نمطية: يعطي ذلك نسبة 0.78 في المئة، أي أكثر بقليل مما ينص عليه قانون ستودنت وأكثر 100 مرة من قانون گاوس!

ومنذ عام 1963 أشار <B. مندلبروت> أبو **الكسوريات**[13] إلى أهمية هذه التقلبات الحادة. ووصف هذا السلوك بـ«الصدفة المتوحشة» للحركة البراونية مقابل السلوك العشوائي، لكنها صدفة تتميز بالاستمرارية و«الحكمة» إلى حد معين. ولذلك اقترح تعويض هذه الحركة بفئة من السياقات العشوائية تعكس هذا الطابع الضار: وهي «سياقات ليڤي Lévy» التي تمت دراستها 30 سنة قَبْل ذلك التاريخ من قِبَل الرياضياتي الفرنسي <P. ليڤي>، ونجم عنها تطور متقطع للسعر مع تسجيل عدة قفزات.

(١) exponentiellement
(٢) moyenne
(٣) écart-type
(٤) volatilité
(٥) processus brownien
(٦) variance
(٧) optimisation de portefeuille
(٨) options
(٩) actuaire أو خبير حسابات التأمين.
(١٠) evaluation des options
(١١) l'ecart - type
(١٢) L'indice Dow Jones
(١٣) fractales الفركتلات.

www.alkottob.com

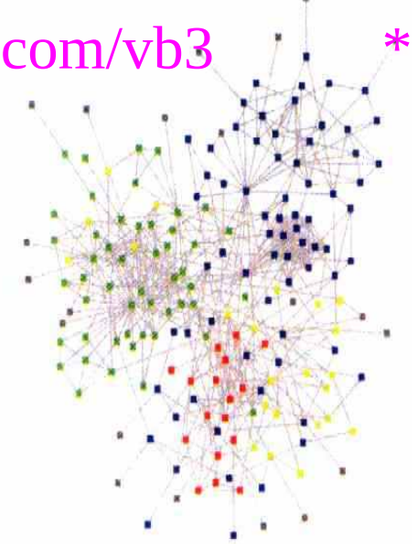
www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

وفي ستينات القرن العشرين، قوبلت تحفظات مندلبروت على قانون گاوس بارتياب، لكننا نجدها اليوم حاضرة في كل كتاب جيد يتناول الاقتصاد القياسي المالي. ومع ذلك فإن المؤسسات المالية التي تقيس المخاطر من خلال نماذج گاوسية لا تزال كثيرة. وكما يلاحظ <مندلبروت>، فأخذ هذه المخاطر الحادة في الاعتبار كان بإمكانه «تجنيب الناس خسارة جميع تلك الأموال بسبب سوء تقديرهم للمخاطر التي يواجهونها.» وهذا مثال يبيّن أن الأزمة لا تُردّ إلى عجز النمذجة الكميّة، وإنما إلى عدم استعمال **أدوات كميّة**[1] على الرغم من توافرها في المجال العمومي.

أزمات متتالية وداخلية المنشأ[*]

غير أن هذه المقاربة الإحصائية المحضة للخطر المالي لها حدودها. ذلك أن تمثيل **سعر بورصي**[2] كسيرورة عشوائية **خارجية المنشأ**[3] مميزاتها الإحصائية ـ التبخر والترابطات ـ مستقرة يُرَدّ إلى افتراض سيولة لامتناهية للسوق قادرة على امتصاص تدفق عمليات البيع والشراء من دون تغيير في حركية الأسعار. ومن وجهة النظر هذه تنتج التقلبات العشوائية للأسعار من وصول ـ عشوائي ـ لمعلومات جديدة (اقتصادية وغيرها) تدمجها السوق في السعر. وهذه هي نظرية **الفاعلية المعلومية**[4] للأسواق المالية التي طورها عالم الاقتصاد <E. فاما> في شيكاگو خلال السبعينات من القرن العشرين، وهي نظرية يمكن تلخيصها في الفكرة القائلة إن أسعار الأسواق تعكس دائما، وبوفاء، المعلومات المتوافرة. إنها الرؤية المالية لمفهوم «اليد الخفية» لـ <A. سميث>: السوق تحدّد سعر الأصول بـ«قيمتها العادلة.»

لقد كانت فرضية فاعلية الأسواق موضوع العديد من الانتقادات حتى ضمن جماعة الاقتصاديين؛ ذلك أنه من الصعب التوفيق بين التبخّر المرتفع للأسعار بالنسبة إلى العوامل الاقتصادية الأساسية ووجود قفزات مفاجئة في الأسعار وبين الفرضية القائلة إن هذه الأسعار تعكس معلومة اقتصادية أقل تبخّرا. غير أن هناك دليلا أكثر درامية حول فشل الفاعلية يتمثل في الحدوث المفاجئ ـ والمتوالي ـ لأزمات



الشكل 2 : مخطط إجمالي لشبكة التعاملات بين البنوك. إن أي خلل في مؤسسة (عقدة في الشبكة) ذات ارتباطات كثيرة بغيرها من المؤسسات، يمكن أن يزعزع استقرار السوق المالية برمته. وتحليل مثل هذه الشبكات لم يجر بعد.

وانهيارات في البورصة، وهي لحظات حاسمة في تاريخ المالية، حيث تتوقف سيولة السوق ولا تأتي في موعدها.

أول مثال لما يمكن أن يحدث عندما تدخل السيولة في الحسبان هو المرحلة التي أدت إلى انهيار البورصة عام 1987. كان عدد كبير من المسيرين لرؤوس الأموال الأمريكية قد انهمكوا في استخدام تقنية جديدة في التسيير، تسمى «**تأمين المحفظة المصرفية**[5]»؛ وتتمثل هذه التقنية في تخفيض الأقساط في رأس المال عندما تنخفض قيمته، وزيادة تلك الأقساط عندما ترتفع قيمته، وذلك بنسب دقيقة يتم حسابها انطلاقا من تبخّر رأس المال. وحسب فرضيات نموذج بلاك-سكولز فإن هذه التقنية تسمح بتأمين المسيّر ضد انخفاض رأس ماله. لكن ذلك يؤدي إلى عدم استقرار حلزوني: ففي عام 1987، تسبّب انخفاض ابتدائي للأسعار في أوامر بالبيع، وهو ما أدى إلى انهيار جديد للأسعار، وأدى هذا بدوره إلى تسارع تدفق الأوامر بالبيع، ومن ثمّ تسارع انهيار الأسعار... حتى وصل الأمر إلى انهيار 1987/10/19 (انخفاض بنسبة 22.6 في المئة لمؤشر داو جونز الصناعي، وبنسبة 45.8 في المئة في هونگ كونگ، الخ ...). ولم تكن هناك أية معلومة اقتصادية وراء نشوب الأزمة؛ فالمتسبب في بدء انهيار الأسواق هي استراتيجيات تسيير عمليات السوق.

وتبيّن هذه الظواهر، التي يصعب التوفيق بينها في إطار نظرية الأسواق الفاعلة، الطابعَ الداخلي المنشأ للأزمات المالية وأهمية تأثير المفعول الرجعي لاستراتيجيات الاستثمار في سلوك الأسعار. فالسعر ليس كائنا مفروضا في المشهد الذي يتحرك فيه الفاعلون الماليون، بل إنه نتاج توافق هؤلاء الفاعلين يراعي سلوكهم الجماعي.

إن التقاء الأحداث النادرة وتأثيرات المفعول الرجعي يمكن أن يؤدي إلى تفاقم أكثر حدة للمخاطر، كما كان الحال في انهيار رأسمال المؤسسة LTCM[6] عام 1998.

كانت المؤسسة LTCM تمثل صندوق استثمار أمريكيا يضم من بين شركائه <ميرتن> و<سكولز> الحائزيْن على جائزة نوبل في الاقتصاد عام 1997، وهما صاحبا صيغة بلاك-سكولز-ميرتن Black-Scholes-Merton. وبشكل خاص، اعتمدت تلك المؤسسة على الروابط الإحصائية المشاهَدة من قبل في تغيّرات نسب الفائدة، فراهنت على مئات البلايين من الدولارات من أجل العودة إلى الوضعية العادية لمعدلات الفائدة على السندات إثر الأزمة الآسيوية لعام 1997.

وعندئذ ظهر «الحدث النادر»؛ ففي نهاية صيف 1998، أحدث عجز روسيا صدمة جديدة في أسواق السندات. وقد انزاحت نسب الفائدة بالاتجاه المعاكس تماما لتوقعات المؤسسة LTCM؛ فتبخّر خلال بضعة أيام رأسمالها المقدر بـ1200 بليون دولار (المعادل لصافي الناتج المحلي البرتغالي). وكان انهيار المؤسسة LTCM قد عرّض للخطر أبرز بنوك الاستثمار الأمريكية المقابلة لهذه المؤسسة. وقد تطلب الأمر تدخل البنك الفيدرالي بنيويورك وتكتّل كبريات البنوك في **وول ستريت**[7] لتفادي حدوث أزمة في أسس النظام المالي.

والملاحظ أن هذه الحالات هي أبعد ما تكون عن كونها حالات منعزلة، وهي تبيّن أن المقاربة الإحصائية المحضة لا تعبّر جيدا عن طبيعة الخطر المالي؛ فالتبخر والترابط لا يمثلان بيانات جامدة، بل إنها حصيلة حركية العرض والطلب في السوق استجابة لحركيات الأسعار بالذات. إنها تبيّن أيضا

(*) Des crises récurrentes et endogènes
(١) outils quantitative
(٢) prix boursier
(٣) exogène
(٤) efficience informationnel
(٥) assurance de portefeuille
(٦) Long Term Capital Management
(٧) Wall Street منطقة البنوك والأعمال في نيويورك.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

أهمية خطر السيولة، الأصعب في النمذجة والذي لم يُدمَج كفاية ضمن الطرائق الكميّة لقياس المخاطر وتسييرها، المتبعة في المؤسسات المالية.

وحالة المؤسسة LTCM، كمثل الحالة الحديثة لبنك الأعمال Lehman Brothers، تكشف عن التشابك القوي للمؤسسات المالية المترابطة اليوم عبر شبكة معقّدة من العلاقات المتبادلة (*انظر الشكل 2*)، حيث تمثل عُقد هذه الشبكة المؤسسات المالية، أما الروابط فهي العروض (الديون أو الحقوق) بين المؤسسات. وكل خلل في عُقْدَة من هذه الشبكة يمكن أن ينتشر فيصل إلى العُقَد المجاورة ـ وهي المؤسسات ذات العلاقة بالمؤسسة الأولى ـ ومن ثمّ تنشب أزمة في النظام برمته.

إن تبخر الأسواق، والحجم غير المسبوق للمعاملات المالية وتأثيرها البالغ في الاقتصاد تطرح سؤالا مهما على الدول والمواطنين وسلطات الضبط: كيف نتحكم في هذا النظام المعقّد ونتفادى انفجاره الداخلي الذي له تداعيات كارثية على الاقتصاد والمجتمع معا؟

نظام معقّد ينبغي ضبطه ... ودراسته(*)

يعتمد إطار «الضبط الاحتياطي» الحالي للبنوك على مقاربة إحصائية لنمذجة المخاطر. تفرض القوانين الدولية السارية ـ التي تتضمنها اتفاقيات بال الثانية Bâle II بين البنوك المركزية ـ أن تمتلك هذه البنوك احتياطيا قانونيا، وهو بمثابة عجلة نجدة متناسبة مع قيمة المخاطرة، ويتحدد مثلا بكونه أسوأ خسارة يمكن للبنك أن يتكبدها خلال عشرة أيام باحتمال يقدّر بواحد في المئة على الأقل.

وهذه المقاربة، الهادفة إلى حماية المؤسسات ضد تقلبات السوق، تأخذ في الاعتبار كل مؤسسة على حدة ويبدو أنها تتصور بأن «المخاطر» في مؤسسة تتناسب مع حجمها. لكنها لا تراعي موقع المؤسسة في الشبكة المعقدة التي تشكلها السوق.

ومع أن ما هيمن، بوجه خاص، على النقاش حول مسألة ضبط الأسواق المالية قضايا إيديولوجية بين مناصرين ومعارضين لضبط أكثر صرامة، فإنه يبدو لنا أن واقع الأمر ليس كذلك، وأن المسألة ـ غير البسيطة ـ المطروحة تتمثل في معرفة كيف يمكن تصميم طرق مراقبة فعالة لنظام بهذه الدرجة من التعقيد. وإذا كان هدف المسؤولين عن ضبط الأسواق المالية هو المحافظة على استقرار مجمل النظام المالي، فإنه من اللازم مراعاة بنية الشبكة المالية، وكذلك وضعية كل مؤسسة ضمن هذه الشبكة لتقييم مخاطرها. ويتطلب ذلك وضع خريطة للشبكات المالية ودراسة مميزاتها والتفكير في الطرق الفعالة لقياس ومراقبة الخطر المحدق بمجمل النظام في هذه الشبكات، وهو أمر أشبه بمراقبة وباء من الأوبئة. إنها تحديات كثيرة لمجال البحث تبيّن أن النمذجة الكميّة في المالية ستجد ما يشغلها مدة طويلة...

وسواء رضينا أو أبينا فإن الأسواق المالية تشكل اليوم جزءا لا يتجزأ من المحيط الاقتصادي العالمي؛ وفي هذا السياق فما يحدث داخل هذا المحيط يؤثر أيما تأثير في الاقتصاد والمجتمع. وسواء تعلق الأمر بمؤسسات مالية تبحث عن تحسين سبل قياس المخاطر وتسييرها أو بمؤسسات حكومية ودولية تبحث عن تحسين مراقبة تقلبات الأسواق المالية، فالجميع يحتاج إلى تحسين إدراكه للآليات المعقدة المستخدمة فيها.

إن النمذجة الرياضياتية في المالية، التي تعتبر تخصصا لايزال فتيا ويتطور بسرعة، مفيدة في دراسة هذه الآليات وفهمها. ولذا فالتحديات التي تطرحها الأزمة المالية الحالية لا تدعو إلى رفض استخدام الرياضيات في المالية، فذلك أمر يستحيل تصوره، بل تدعو إلى نمذجة أكثر واقعية وإلى تطبيق عملي أفضل لنتائج الأبحاث من قبل الناشطين في عالم المال والمديرين والمسؤولين عن ضبط الأسواق المالية.

والمفارقة أن الأزمة الحالية ـ التي تمثل تجربة واسعة النطاق تبرز مظاهر عديدة مهمة للأسواق المالية ـ توفّر مناسبة جدّ سانحة لتجديد هذا الاختصاص (النمذجة الرياضياتية في المالية)، باستبعاد المقاربات المبسّطة التي تفندها الوقائع، وبمحاولة الإجابة عن تساؤلات المسؤولين عن ضبط الأسواق المالية ومديري المخاطر والمواطنين. ■

(*) Un système complexe à réguler... et à étudier

المؤلف

Rama Cont

مدير أبحاث في المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي، يعمل في مختبر الاحتمالات والنماذج العشوائية (جامعة باريس 6-7)؛ وهو أيضا أستاذ مشارك في جامعة كولومبيا بنيويورك. وتتركز معظم أبحاثه على النمذجة الرياضياتية للمخاطر المالية.

على شبكة الإنترنت

R. Cont & A. Moussa,
A closer look at structured credit ratings, 2008 :
www.cfe.columbia.edu

مراجع للاستزادة

R. Cont et P. Tankov, **Constant proportion portfolio insurance in presence of jumps in asset prices**, *Mathematical Finance*, à paraître.

P. Artus *et al.*, **La crise des subprimes**, La Documentation Française, 2008.

A. Orléan, **L'aveuglement au désastre. Le cas des crises financières**, *Esprit*, mars-avril 2008.

B. Mandelbrot et R. Hudson, **Une approche fractale des marchés : risquer, perdre et gagner**, Odile Jacob, 2005.

R. Cont et P. Tankov, **Financial modelling with jump processes**, Chapman & Hall/CRC Press, 2004.

R. Shiller, **Irrational exuberance**, Princeton University Press, 2000.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

الجيل التالي(*)

تقترب أسلاك الموصلية الفائقة الجديدة أكثر فأكثر من السوق.

بشّر اكتشاف عام 1987 لمواد توصل الكهرباء على نحو مثالي، عند درجات حرارة أعلى من درجة غليان **النتروجين**(1) (البالغة 196- درجة سيلزية) بحقبة ثورية في التقانة. ولكن ترجمة وَعْد ما عرف عندئذ بالموصلات الفائقة العالية الحرارة إلى واقع تجاري كان مهمة شاقة وطويلة؛ إذ إنّ إنتاج عيّنة صغيرة من موصل فائق لإجراء تجارب في المختبر شيء، وتصنيع مئات الأمتار من الأسلاك العالية الجودة للتطبيقات شيء مختلف تماما. فحتى وقت قريب كانت تقانة الموصلات الفائقة العالية الحرارة الرائدة تجاريا تتضمن أسلاكا مصنوعة من عناصر البزموت والسترونسيوم والكالسيوم والنحاس والأكسجين، أو اختصارا BSCCO. والآن، يبدو أن جيلا ثانيا من الأسلاك المؤلفة من الإتيريوم والباريوم والنحاس والأكسجين، أو اختصارا YBCO، سوف يهيمن على السوق.

تُصنَّع أسلاك BSCCO عادة بوضع مسحوق داخل أنبوب من الفضة يُسَخن بعدئذ ويسحب. ولكن لهذه التقنية عيبين مهمّين. الأول، هو التكلفة العالية بسبب وجود الفضة. والثاني، هو أن لدى المصنعين مقدرة محدودة على التحكم في البنى التفصيلية في قلب المادة BSCCO كي يصلوا إلى أمثَلة أداء الموصلات الفائقة.

كان للمادة YBCO مشكلات أخرى جعلت المادة BSCCO تحتل مركز الصدارة في البداية؛ إذ كانت المقاربة الرئيسية لتصنيع سلك YBCO هي ترسيب مادته على ركازة لتشكيل شريط رقيق. ولكن المادة YBCO تميل إلى تشكيل حبيبات بلورية دقيقة لا تحصى، وإذا لم تكن هذه الحبيبات مصطفة اصطفافا جيدا نشأت مقاومة كهربائية بسبب القفزات التي ينبغي أن يقوم بها التيار عند الانتقال من حبيبة إلى أخرى. ومع ذلك بقي الاهتمام بالمادة YBCO كبيرا، لأنّ العيّنات ذات الاصطفاف الجيد تبقى موصلة فائقة في حقول مغنطيسية أعلى ممّا تتحمله المادة BSCCO؛ إذ إنّ العديد من التطبيقات، كالمغانط والمحركات، يتطلب أن تقوم هذه الأسلاك بوظيفتها تحت تأثير مثل هذه الحقول.

وعلى مدى العقد الفائت، تمكن الباحثون من حلّ مشكلة الحبيبات البلورية حلا شبه كامل وذلك بترسيب طبقة من مادة أخرى، كمادة أكسيد السيريوم، على الركازة قبل ترسيب المادة YBCO، إذ يفيد أكسيد السيريوم في المساعدة على اصطفاف حبيبات المادة YBCO. وقد طور الباحثون، وبصورة رئيسية باحثو المختبر الوطني في لوس ألاموس (LANL) وباحثو مختبر أوك ريدج الوطني (ORNL)، تقانتين لصنع الأسلاك تتضمنان طبقة صفّ الحبيبات. وقد تبنت شركات إنتاج الأسلاك هاتين التقانتين اللتين تعرفان باسميهما المختصرين IBAD (وهي التي تستخدم الحزم الأيونية للمساعدة على صف البلورات) و RABiTS (وهي التي تعتمد على الأسطوانات والحرارة لتحضير الركازة).

ولكن لايزال هناك الكثير لتحسين أداء هذه الأسلاك. فعلى سبيل المثال، مع أنّ مقاومة المادة YBCO للحقول المغنطيسية تفوق مقاومة المادة BSCCO، فمازالت هناك حاجة إلى أداء أفضل من أجل حقول مغنطيسية أعلى مما تم التوصل إليه. فقد بيّنت مجموعة <S. فولتين> في لوس ألاموس عام 2004، أنّ إدخال جسيمات نانوية من زركونات الباريوم يحسّن كثيرا الميزات المغنطيسية للمادة YBCO. كما نشر <A. گويال> وزملاؤه [في أوك ريدج] نتائج مماثلة في أوائل عام 2006.

إنّ الأمل بأسلاك الجيل الثاني كبير لدرجة أن شركات إنتاج الأسلاك مثل الشركة American Superconductor والشركة SuperPower تحوّلتا إلى إنتاج شرائط YBCO مكان أسلاك BSCCO الأقدم.

يُنتج السلك على هيئة قطَع طول كل منها ما بين 100 و 300 متر، غير أنّ الشركات تسعى إلى زيادة ذلك الطول وسعة حمل التيار.

ويقوم الزبائن بتطوير أجهزة مستخدمين أسلاك الجيل الثاني وذلك في تطبيقات مختلفة،

كَبْل استطاعة مصنوع من سلك فائق الموصلية (الشرائط الفضية اللون) يستخدم حاليا في مشروع إيضاحي للتوتر العالي في ألباني بنيويورك.

سندويش من موصل فائق(**)

تُنتج أسلاك المادة YBCO الفائقة الموصلية على شكل شرائط رقيقة، بحيث لا تزيد سماكة طبقة المادة YBCO المؤثرة على 1.5 ميكرومتر. وإذا ما أضيفت زيادة من المادة YBCO فوق ذلك، فلن تزداد سعة حمولة الشريط للتيار ازديادا ملموسا.

وفي عام 2004، بيّن <S. فولتين> مع زملائه [في مختبر لوس ألاموس الوطني] كيفية تصنيع سلك من طبقات أكسيد السيريوم (التي تساعد على اصطفاف بلورات المادة YBCO) متداخلة مع ست طبقات من المادة YBCO ثخانة كل منها 0.6 ميكرومتر. وقد استطاع هذا السندويش المتعدد الطبقات إمرار تيار تصل قيمته حتى 1400 أمبير لكل سنتيمتر عرضا، وهو رقم للمادة YBCO مازال قياسيا حتى الآن.

(*) THE NEXT GENERATION
(**) A Superconducting Sandwich
(1) nitrogen

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

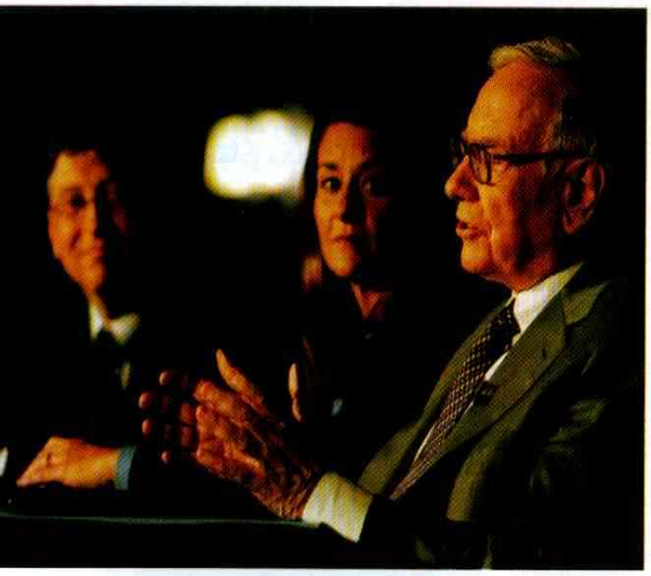
بما فيها المحركات والمولدات **والكِبال**[1] والمحوّلات. وسيكون أول مشروع إيضاحي رئيسي يتضمن سلكا من المادة YBCO هو مدّ كبل توتر عال يصل ما بين محطتي توليد طاقة فرعيتين في ألباني بنيويورك. ويصنّع معظم طول الكبل البالغ 350 مترا من سلك المادة BSCCO، غير أنه سيستعاض عن قطعة طولها 30 مترا بكبل YBCO. وسيحتاج بناء قطعة الكبل هذه البالغة 30 مترا إلى ما يصل إلى عشرة كيلومترات من شريط YBCO. ■

<G. P. كولّن>

(١) جمع كَبْل.

تبرعات تفوق المنح الحكومية(*)

يركز المبدعون من رجال الأعمال اهتمامهم على كيفية توفير الأموال والأفكار التي تساعد على تقدم العلوم الطبية.



تبرع <W. بافّت> (في يمين الصورة) بعشرة ملايين من أسهم شركته (التي يزيد ثمنها على 30 بليون دولار)، وقد ذهب معظمها إلى المؤسسة التي يديرها <B. كيتس> و<M. كيتس> (في يسار الصورة).

للتخفيف من عبء العداوى (الأمراض الخمجية) عن كاهل الدول الفقيرة يقترح <M. كريمر> [الاقتصادي في جامعة هارڤرد] إقامة ما يشبه السوق الاصطناعي للقاحات. وبموجب هذه الخطة يتعهد المتبرع بدفع مبلغ من المال من أجل تطوير اللقاح، ومن ثم يشتريه من الشركة المنتجة بسعر مرتفع. وتقوم الشركة بعد ذلك ببيع هذا اللقاح للدول الفقيرة بأسعار منخفضة.

وتعد طريقة <كريمر> هذه واحدا من الابتكارات غير المسبوقة التي تهدف إلى فتح سبل جديدة للأبحاث العلمية الطبية. وكان أحد هذه الابتكارات من بنات أفكار <S. جونسون>، وهو رجل أعمال سابق في الخمسين من العمر يقوم بشن حرب شخصية على **داء التصلب المتعدد**[1]. ففي عام 2003، أنشأ <جونسون> مؤسسة ترميم **النخاعين**[2] بعد أن أقنع خمسة من الباحثين الجامعيين المهتمين بهذا الموضوع بدمج مختبراتهم ووضع خطة تشبه خطط المشاريع في عالم الأعمال وذلك من أجل تطوير علاجات لهذا الداء.

وبالمثل، قامت أربعة مراكز رئيسية لمعالجة السرطان بتوحيد جهودها من أجل تنسيق التجارب السريرية وتقاسم الموارد وتجميع النتائج المتعلقة بسرطان العظام المميت الذي يدعى **ورم النقي المتعدد**[3]، وهو سرطان يُبري العظام وينتهي غالبا بالموت السريع. وقاد هذا المشروع <K. جينوستي> [وهي خريجة مدرسة هارڤرد لإدارة الأعمال ومديرة شركة صيدلانية أصيبت بورم النقي المتعدد، عام 1996] إلى إنشاء مؤسسة أبحاث ورم النقي المتعدد، وجمعت مبلغ 60 مليون دولار لإجراء أبحاث حول هذا المرض.

أما <Ch. نوسلاين-ڤولهارد> [وهي رائدة في علم الجينات وحائزة جائزة نوبل في الطب أو الفيزيولوجيا عام 1995] فقد انتهجت خطة شخصية أكثر، إذ إنها أنشأت مؤسسة تحمل اسمها، تقوم بتقديم منح للشابات الباحثات لمساعدتهن على تأمين أشخاص يسهمون في رعاية الأطفال والأعمال المنزلية، وتقوم بتغطية نفقات هذا البرنامج من مالها الخاص ومن جائزة قدرها 100 ألف دولار حصلت عليها من «برنامج المرأة والعلم» الذي ترعاه منظمة اليونسكو وشركة لوريال.

إلا أن طريقة <W. بافّت> قد تكون الأكثر غرابة من جميع هذه الطرق، فقد وصفتها مجلة «فورتشن» بأنها نموذج لتفكير «بافّت» الأصيل الذي يرمي إلى نفض الغبار عن الطرق التي يعمد إليها الأغنياء للتبرع بأموالهم. فقد تبرع هذا الرجل، الذي يعد أغنى رجل في العالم بعد <بيل گيتس> بنحو 85% من ثروته، ذهب القسم الأعظم منها إلى مؤسسة «بيل وكيليندا گيتس». ■

<M. پرس>

(*) MORE THAN GOVERNMENT GRANTS

(١) multiple sclerosis

(٢) Myelin

(٣) multiple myeloma

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

موافقة غير واعية(*)

مازال المانحون غير مدركين أنهم لا يملكون خلاياهم.

في صيف عام 2003، قامت جامعة واشنطن في سانت لويس بمقاضاة <W. كاتالونا> ـ وهو أحد باحثيها السابقين متخصص في سرطان البروستاته (الموثة) ـ لاستيلائه على عينات نُسُج جُمعت من الآلاف من مرضاه عبر سنين. وكان <كاتالونا> الشخص الوحيد الذي تُسلَّم له عينات بعض أولئك المرضى، وكانت إجراءات الجامعة غير متسقة مع البحث الذي وافقوا عليه. وقد أصدر قاضي سانت لويس في ربيع عام 2006 حكما لصالح الجامعة، مثيرا تساؤلات حول كفاية ممارسات الموافقة الواعية.

وكان <كاتالونا> [وهو مطوِّر **الاختبار PSA**(1) لتشخيص سرطان البروستاته] قد ترك جامعة واشنطن في عام 2003 بعد نزاعات حول حرية إتاحة العينات التي كانت تسيطر عليها الجامعة. عندئذ أرسل <كاتالونا> خطابات إلى عشرة آلاف من مرضاه يلتمس منهم أن يطلبوا نقل عيناتهم إلى صاحب عمله الجديد: جامعة نورث ويسترن. وقد نفذ ستة آلاف مريض ما طلبه إليهم. وعندما رفضت جامعة واشنطن التماساتهم، طلب بعضهم سحب نُسُجه من مستودعها. وكرد فعل، قامت الجامعة بتجهيل العينات، وذلك بإزالة المعلومات الشخصية التي تدل على أن هذه العينات تخص واهبيها.

وبعد إقامة الجامعة دعواها انضم ثمانية مرضى مع <كاتالونا> كمُدَّعَى عليهم، وكانت حُجَّتهم أنهم قد منحوا عيناتهم له هو على وجه الخصوص، وأنهم يحتفظون بحق ملكيتها اعتمادا على حقهم في انسحابهم من البحث. وكانت وثائق الموافقات الواعية التي وقعها بعضهم تنص فعلا على حقهم في الانسحاب، الذي يُستمد من لوائح تستند إلى السياسة الفدرالية لحماية البشر والمعروفة باسم **القاعدة المشتركة** Common Rule. وقد استُثْنِيَ من هذه القاعدة عينات لا يمكن نسبتها إلى أشخاص معينين. وقد احتجت جامعة واشنطن بأنها إذْ جَهَّلَتْ عينات أولئك الذين طلبوا انسحابهم من البحث، لم تَعُدْ «القاعدة المشتركة» تنطبق على تلك العينات.

وفي نهاية الشهر 2006/3، حكم قاضي المقاطعة <N. S. ليمباو> في ميزُوري بأن هؤلاء المرضى قد أهدوا عيناتهم للجامعة. ورأى أن الحق في الانسحاب يعني ببساطة أن المانحين يستطيعون وقف منح العينات في أي وقت. وإضافة إلى ذلك، كتب <ليمباو> في حيثيات حكمه: «إن كيان المستودعات البيولوجية جميعها وصلاحيتها للعمل سيكونان مهددين جديا إذا استطاع المشاركون في البحث نقل عيناتهم من معهد إلى معهد في أي وقت يريدونه.» وقد عبر «الاتحاد الأمريكي للكليات الطبية» عن رأي مماثل في دعوى جزئية أقيمت دعمًا للجامعة. ويقول <D. كورن> [نائب رئيس الاتحاد للأبحاث]: «تخيلْ مكتبة فريدة من كتب مُهداة يمكن استرداد أي كتاب منها بناء على نزوة عارضة.»

وكان قرار المحكمة ذاك رجعَ الصَّدَى لدعويين سابقتين : دعوى <مور> ضد أعضاء مجلس جامعة كاليفورنيا (عام 1990)، ودعوى <گبرينبرگ> وآخرين ضد معهد أبحاث مستشفى ميامي للأطفال (عام 2003). لقد قاضى المرضى الباحثين لأنهم تقدموا ببراءة اختراع سلالة خلوية أو جينية معزولة من عينات المانحين من دون علمهم. وقضت المحكمة في كلتا القضيتين أن المرضى ليس لهم حقوق ملكية للنُّسُج أو ما يشتق منها.

وبالنسبة إلى محامي المرضى، كانت المضامين السياسة للحكم الأخير أكثر أهمية من صحته قانونيا. وكما قالت <E. W. كلايتون> [من جامعة ڤاندربلت] وهي التي شهدت في جانب مرضى <كاتالونا>: «إن المحافظة على ثقة الجمهور في الأبحاث أمر مهم جدا. وسيؤثر في البحث الطبي اعتقاد الأفراد أنهم يُستغلّون.» وأضافت: «أعتقد أننا نحتاج إلى مناقشة أكبر حول مراقبة استخدام عينات النّسُج المختزنة للبحث.»

ويبدو أن درجة الرقابة التي يريدها الجمهور على عيناتهم الممنوحة منخفضة في معظم الحالات، ولكن ليس فيها جميعًا. ففي واحدة من دراسات عام 2005، وجد الباحثون أن 87.1 في المئة من مانحي النُّسج الذين ملؤوا نماذج الموافقة في المعاهد الوطنية للصحة (NIH) سمحوا باستخدام مطلق إلى أبعد حد لعيناتهم البيولوجية، بصرف النظر عن عمر الموقِّع وعِرقه وموطنه أو احتمال استفادته من البحث. وانتهى المؤلفون إلى أن 6.7 في المئة فقط رفضوا أي استخدام في المستقبل لنسجهم، وهذا يوحي بأن نموذج موافقة بسيطًا قد يكون كافيًا. ولكن إذا سُمح لهم باختيار إضافي في إعادة الاتصال بهم للموافقة على أبحاث مستقبلية، فإن أقلية يُعتَدُّ بها (26.2 في المئة) قد اختارت ذلك.

وتوجد دلائل على أن معاهد الأبحاث تدرك الحاجة إلى الحفاظ على ثقة الجمهور. ويدعو معهد كوريل للأبحاث الطبية في كامدن بنيوجرسي [(وهو مؤسسة غير ربحية)، وهو الذي يختزن العينات التي جُمعت في المشروع الدولي Hap Map] الباحثين أن يتشاورا مع الجماعات التي تقدم عينات إذا كانت مقيمة في الولايات المتحدة. ولعل الباحثين ينتهون إلى الاعتقاد بأن الثقة المفقودة يصعب استعادتها، تماما كما هي الحال مع النّسج. ■

<R. J. مِنْكل>

(*) UNINFORMED CONSENT

(١) Prostate Serum antigen

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

40

AGRICULTURE

No-Till: The Quiet Revolution

David R. Huggins - John P. Reganold

Because plowing degrades the land, farmers are increasingly turning to a more sustainable alternative.

48

MATERIALS SCIENCE

Self-Cleaning Materials

Peter Forbes

The lotus plant's remarkable ability to repel dirt has inspired a range of self-cleaning and antibacterial technologies that may also help control microfluidic "lab-on-a-chip" devices.

56

MEDICINE

Your Cells Are My Cells

J. Lee Nelson

Many, perhaps all, people harbor a small number of cells from genetically different individuals–from their mothers and, for women who have been pregnant, from their children. What in the world do these foreigners do in the body?

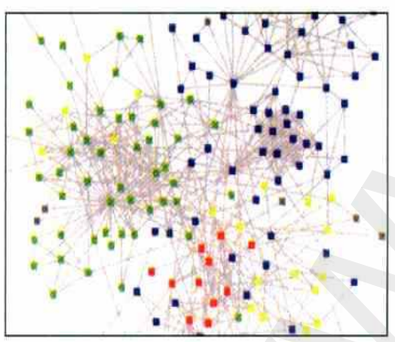
64

ENVIRONMENT

Making Carbon Markets Work

David G. Victor - Danny Cullenward

Limiting climate change without damaging the world economy depends on stronger and smarter market signals to regulate carbon dioxide.

72 

QUESTIONS OUVERTES

Risques financiers: quelle modélisation mathématique?

Rama Cont

Quel est le rôle des modèles mathématiques en finance? Ces modèles sont indispensables, mais il faut connaître leurs limites.

76 **News Scan**

- Uninformed Consent
- More Than Government Grants
- The Next Generation of Superconducting Wires.

Majallat AlOloom
ADVISORY BOARD

مجلة العلوم

Ali A. Al-Shamlan *(Chairman)*

Abdullah S. Al- Fuhaid *(Deputy)*

Adnan Hamoui *(Editor-In-Chief)*

SCIENTIFIC AMERICAN®
Established 1845

EDITOR IN CHIEF: John Rennie
EXECUTIVE EDITOR: Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR: Ricki L. Rusting
NEWS EDITOR: Philip M. Yam
SPECIAL PROJECTS EDITOR: Gary Stix
SENIOR EDITOR: Michelle Press
EDITORS: Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, George Musser, Christine Soares
CONTRIBUTING EDITORS: W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Michael Shermer, Sarah Simpson

EDITORIAL DIRECTOR, ONLINE: Kate Wong
ASSOCIATE EDITOR, ONLINE: David Biello
NEWS REPORTER, ONLINE: JR Minkel

ART DIRECTOR: Edward Bell
SENIOR ASSOCIATE ART DIRECTOR: Jana Brenning
ASSOCIATE ART DIRECTOR: Mark Clemens
ASSISTANT ART DIRECTOR: Johnny Johnson
PHOTOGRAPHY EDITOR: Emily Harrison
PRODUCTION EDITOR: Richard Hunt

COPY DIRECTOR: Maria-Christina Keller
COPY CHIEF: Molly K. Frances
COPY AND RESEARCH: Daniel C. Schlenoff, Michael Battaglia, Smitha Alampur, Michelle Wright, John Matson

EDITORIAL ADMINISTRATOR: Jacob Lasky
SENIOR SECRETARY: Maya Harty

ASSOCIATE PUBLISHER, PRODUCTION: William Sherman
MANUFACTURING MANAGER: Janet Cermak
ADVERTISING PRODUCTION MANAGER: Carl Cherebin
PREPRESS AND QUALITY MANAGER: Silvia De Santis
PRODUCTION MANAGER: Christina Hippeli
CUSTOM PUBLISHING MANAGER: Madelyn Keyes-Milch

ASSOCIATE PUBLISHER, CIRCULATION: Simon Aronin
CIRCULATION DIRECTOR: Christian Dorbandt
RENEWALS MANAGER: Karen Singer
FULFILLMENT AND DISTRIBUTION MANAGER: Rosa Davis

VICE PRESIDENT AND PUBLISHER: Bruce Brandfon
WESTERN SALES MANAGER: Debra Silver
SALES DEVELOPMENT MANAGER: David Tirpack
SALES REPRESENTATIVES: Jeffrey Crennan, Stephen Dudley, Stan Schmidt

ASSOCIATE PUBLISHER, STRATEGIC PLANNING: Laura Salant
PROMOTION MANAGER: Diane Schube
RESEARCH MANAGER: Aida Dadurian
PROMOTION DESIGN MANAGER: Nancy Mongelli
GENERAL MANAGER: Michael Florek
BUSINESS MANAGER: Marie Maher
MANAGER, ADVERTISING ACCOUNTING AND COORDINATION: Constance Holmes

DIRECTOR, SPECIAL PROJECTS: Barth David Schwartz

MANAGING DIRECTOR, ONLINE: Mina C. Lux
OPERATIONS MANAGER, ONLINE: Vincent Ma
SALES REPRESENTATIVE, ONLINE: Gary Bronson

DIRECTOR, ANCILLARY PRODUCTS: Diane McGarvey
PERMISSIONS MANAGER: Linda Hertz

CHAIRMAN EMERITUS: John J. Hanley
CHAIRMAN: Brian Napack
PRESIDENT: Steven Yee
MANAGING DIRECTOR, INTERNATIONAL: Kevin Hause
VICE PRESIDENT: Frances Newburg

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

Majallat AlOloom January/February - 2009 Volume 25 Number 1/2 SCIENTIFIC AMERICAN

4

COSMOLOGY

The Cosmic Origins of Time's Arrow

Sean M. Carroll

Maybe time's seemingly unvarying flow forward is a short-term fluke in a universe where the distant future and distant past look the same.

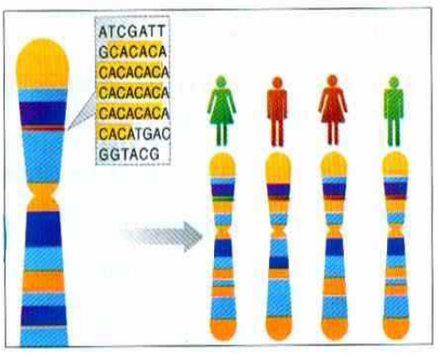
12

EVOLUTIONARY BIOLOGY

What Is a Species?

Carl Zimmer

Biologists still struggle with that fundamental but scientifically pivotal question.

20 

BIOTECHNOLOGY

Seeking the Connections: Alcoholism and Our Genes

John I. Nurnberger, Jr. - Laura Jean Bierut

Identifying the genetic influences on vulnerability to alcohol addiction can lead to more targeted treatments and help individuals make better-informed choices.

28

INFORMATION SECURITY

Reflections on Privacy 2.0

Esther Dyson

Some issues that appear to be questions of privacy turn out to be matters of security or health policy.

36

INDUSTRY ROUNDTABLE

Improving Online Security

To defend against hackers, security professionals call for upgraded technology, along with more attention to human and legal factors.

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

The Abdus Salam
International Centre for
Theoretical Physics (ICTP)(*)
Trieste - Italy

منَح GRANTS

مقدمة من

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي(**)
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (KFAS)

لتمكين الباحثين في الجامعات ومراكز الأبحاث العربية من المشاركة في الأنشطة العلمية لمركز عبدالسلام الدولي للفيزياء النظرية
تريستا (إيطاليا)

تتيح الاتفاقية المعقودة منذ عام 1981 بين «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» و«**مركز عبدالسلام الدولي للفيزياء النظرية بتريستا**» للباحثين في الجامعات ومراكز الأبحاث العربية المشاركة في أنشطة هذا المركز من خلال المنح المقدمة من قِبَل مؤسسة الكويت للتقدم العلمي.

تغطي كل منحة نفقات سفر المرشح و/أو مصاريف إقامته في مدينة تريستا (إيطاليا) لفترة تتحدد بفترة النشاط المشارك فيه على ألا تزيد عن ثلاثين يومًا.

وعلى المتقدم أن يملأ طلبا خاصًا يمكن الحصول عليه من المركز ICTP أو من المؤسسة KFAS وترسل نسخة من هذا الطلب إلى المركز وأخرى إلى المؤسسة.

ويجري اختيار المرشحين لهذه المنح من قبل المركز ICTP بالتشاور مع المؤسسة KFAS.

Strada Costiera11, 34014 Trieste, Italy (*)
Tel. +39 040 2240 111; Fax +39 040 224 163
sci_info@ictp.it, www.ictp.it

(**) ص.ب 25263 الصفاة 13113 الكويت
هاتف: 2425899 - 2425897 - 2426207
فاكس: 2403897
E-mail:author@kfas.org.kw
www.kfas.org

جائزة

أكاديمية العلوم للعالم النامي
(TWAS)
ومكتبها الإقليمي العربي
(ARO)
للعلميين العرب الشباب
(YAS)

في

البيولوجيا & علوم الحياة

يشترط في المرشح/ المرشحة لهذه الجائزة ما يلي:

1 ـ أن يحمل جنسية بلد عربي

2 ـ أن يعمل في بلد عربي

3 ـ أن يكون حاصلا على الدكتوراه في البيولوجيا أو علوم الحياة أو أي حقل يتصل بهذه العلوم

4 ـ أن يكون لديه إسهام مميز في حقل تخصصه

5 ـ ألا يتجاوز عمره الأربعين عاما بتاريخ 2009/06/01.

ترسل الترشيحات لهذه الجائزة قبل 2009/06/01 إلى **مكتبة الإسكندرية** على نموذج لطلب خاص بهذه الجائزة يمكن الحصول عليه بالاتصال الكترونيًا بـ:

heba.maram@bibalex.org

copying:

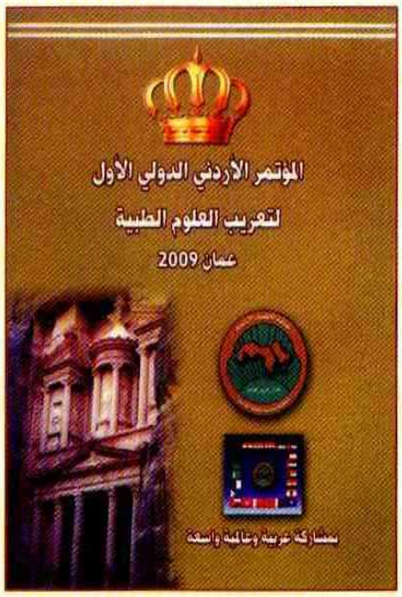
twas.aro@bibalex.org

esraa.ragab@bibalex.org

كما توجه إلى هذه العناوين الاستفسارات الخاصة بهذه الجائزة.

مكتبة الإسكندرية
ص.ب 138 الشاطبي، الإسكندرية 21526
جمهورية مصر العربية
الموقع الإلكتروني:
http://www.bibalex.org/cssp

المؤتمر الأردني العربي الأول لتعريب العلوم الطبية



يعقد
في العاصمة الأردنية عمان
2009/10/16 - 14

تنظمه
جمعية تعريب العلوم الطبية الأردنية
بمشاركة عربية وعالمية واسعة

محاور المؤتمر:

- قراءة في تجارب التعريب
- الصعوبات والعقبات التي تواجه قضية التعريب في الوطن العربي
- خطوات جادة نحو التعريب
- توافر المصطلحات اللازمة لتعريب العلوم الطبية
- دور الجهات المعنية في قضية التعريب.

توجه المراسلات إلى

د. أحمد الجابري
رئيس الجمعية
عمان ـ ص.ب: 8697
النقال: 0795651343

د. جهاد سمور
أمين سر الجمعية ـ أمين عام سر المؤتمر
ص.ب: 840484 ـ رمز بريدي: 11184
النقال: 0796828800

www.alkottob.com

www.liilas.com/vb3 * me3refaty *

www.alkottob.com