التقدم العلمي

AL-TAQADDUM AL-ʿILMĪ

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

مجلة علمية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

السالمونيلا.. داء غذائي قاتل

أسنان الأطفال.. الخلل والعلاج

المعلوماتية الحيوية.. تمازج العلوم لخدمة البشرية

التقدم العلمي العدد 97 ابريل 2017 م - رجب 1438 هـ

العدد 97 ابريل 2017 م - رجب 1438 هـ

April 2017 No.97 - رجب 1438 هـ - 2017 م

April 2017 No. 97

❖ رئيس مجلس الإدارة

حضرة صاحب السمو أمير البلاد

الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

حفظه الله ورعاه

KFAS

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

أعضاء مجلس الإدارة

أ. د. فايزة محمد الخرافي

أ. مصطفى جاسم الشمالي

أ. أسامة محمد النصف

د. يوسف حمد الإبراهيم

أ. هاني عبد العزيز حسين

د. صلاح عبداللطيف العتيقي

أ. خالد خضير المشعان

المدير العام

د. عدنان أحمد شهاب الدين

التقدم العلمي
AL-TAQADDUM AL-'ILMĪ

مجلة علمية ثقافية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

العدد 97 - ابريل 2017 م - رجب 1438 هـ
April 2017 No. 97

رئيس التحرير
د. سلام أحمد العبلاني
المحرر العلمي
د. عبدالله بدران

المعلوماتية الحيوية

تبحر مجلة التقدم العلمي في ملف هذا العدد إلى آفاق علمية جديدة، لتقدم موضوعا حيويا متمثلا في علم (المعلوماتية الحيوية) الذي يعد مزيجا من علوم عدة أهمها الإحياء والحاسوب. وتتناول فيه ستة موضوعات تتطرق إلى بدايات هذا العلم وتطبيقاته الواعدة.

جميع المراسلات ترسل باسم رئيس تحرير مجلة التقدم العلمي
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

Correspondence : Editor-in-Chief
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

ص. ب : 25263 الرمز البريدي 13113 الصفاة-الكويت فاكس : 22278161(965+) هاتف : 22278160(965+)
P.O.Box: 25263 - P.C.13113 Safat - Kuwait Fax. (+965) 22278161 - Tel. (+965) 22278160
e-mail: magazine@kfas.org.kw

ما تتضمنه موضوعات المجلة يعبر عن وجهة نظر كتابها ولا يمثل بالضرورة وجهة نظر المجلة، ويتحمل كاتب المقال جميع الحقوق الفكرية المترتبة للغير.

بوابة
التقدم العلمي

تعد بوابة التقدم العلمي أول مكتبة الكترونية متخصصة في الكويت والمنطقة هدفها توفير مصدر علمي موثوق باللغة العربية لطلاب العلم في جميع مراحلهم التعليمية، وللباحثين، ولباقي أفراد المجتمع.كما إنها تسعى إلى إثراء المحتوى الالكتروني العربي بما هو موثوق ومعتمد مما يشجع مستخدمي الإنترنت على قراءة المقالات والكتب لسهولة استخدام البوابة و مشاركة محتواها عبر مواقع التواصل الاجتماعي. ومن الجدير بالذكر أن البوابة ستنقل نشر الكتب الورقية إلى العصر الرقمي والكتروني إذ إنها ستعمل على توفير البيئة المناسبة للمؤلفين لكتابة ونشر مؤلفاتهم سواء أكانت كتبا أو مقالات بسهولة.

Kuwait Scientific
Advancement Gate (KSAG)

المعلوماتية الحيوية: آفاق جديدة لفهم الأمراض المستعصية

رئيس التحرير
د. سلام أحمد العبلاني

يتناول ملف هذا العدد من مجلة التقدم العلمي موضوع «المعلوماتية الحيوية»، وهو من الحقول العلمية الحديثة نسبياً في علوم الحياة. ويعد هذا العلم من حقول العلوم المتعددة أو المتداخلة التخصصات؛ إذ إنه يستفيد من علوم الرياضيات والإحصاء والحاسوب والذكاء الصنعي لإيجاد علاقات يمكن فهمها والاستفادة منها من البيانات وقواعد المعلومات الحيوية الضخمة التي جاءت كثمرة لثورة المعلومات الجينية الهائلة التي أنتجتها وتنتجها الآلاف من المختبرات ومراكز الأبحاث والعلماء في العالم، والتي لا يمكن حالياً فهمها بالطرق الطبية والبحثية التقليدية. وهذه البيانات تختص في الغالب بعلوم الوراثة والتطور والبيولوجيا الجزيئية والخريطة الوراثية (الجينوم) للإنسان ونمذجة تركيبات البروتينات، والكثير من الجوانب الكيميائية الحيوية للخلايا والأعضاء والأنسجة البيولوجية، سواء للإنسان أو الحيوان وحتى البكتيريا. والهدف الأساسي للمعلوماتية الحيوية هو زيادة فهم العمليات البيولوجية، ومن ثمّ تبني أساليب متطورة للبحث في التراكيب الوراثية للكثير من الأمراض المستعصية وفهم مسبباتها، ومراحل تطورها، ومن ثم تشخيصها وتصميم الطرق العلاجية لها. ومن أهم الجوانب الواعدة لمردود المعلوماتية الحيوية هو فهم آلية تحول الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية في الجسم البشري، إذ أدى تطور علوم البرمجة والرياضيات إلى مقارنة المعلومات الحيوية للعائلات ذات التاريخ الطبي لأفرادها بالإصابة بالسرطان، والقدرة على التنبؤ بإصابة أفراد جدد من تلك العائلات قبل إصابتهم، ومن ثم وضع برامج وقائية مناسبة لهم. فالتحليل المقارن للخريطة الوراثية للأفراد يسهم في فهم أفضل لكيفية عمل الجينات التي تساهم في بدء عملية تحول الخلايا السليمة إلى سرطانية، ومن ثم وضع الخطط العلاجية الفاعلة لتجنب المرض.

من أهم أسباب الصعوبة البالغة في التعامل مع بعض الأمراض الفيروسية مثل الالتهاب الكبدي الوبائي C ومرض الإيدز وحتى الإنفلونزا العادية، هو التغيرات المستمرة التي تطرأ على الشفرة الوراثية للفيروس، مما يجعل الاستجابة للقاح التقليدي ضعيفة بمرور الوقت بل وربما عديمة الجدوى. وهنا يأتي الدور المهم للمعلوماتية الحيوية التي تستطيع، بواسطة نظم خوارزميات معينة، من وضع منهجية علمية للتفريق بين سلالات الفيروس عن طريق التعرف إلى تلك التغيرات في الشفرة الوراثية، ومن ثم إنتاج اللقاحات العلاجية المناسبة لكل سلالة. وكذلك في التطبيقات العلاجية؛ إذ لم يعد هناك حاجة لأن يقوم الطبيب بتجربة وتغيير الدواء للمريض للتوصل إلى العلاج المناسب. فالمعلوماتية الحيوية تتيح كما هائلا من المعلومات البيولوجية عن الخريطة الوراثية الخاصة بكل مريض، بحيث يمكن للطبيب أن يصف الدواء والجرعة المناسبة لكل مرض. بل وأصبح من الممكن التنبؤ باحتمالات الإصابة بمرض ما عن طريق تحليل تسلسل الجينوم البشري لشخص ما، ومن ثم الربط بين وجود طفرات أو تغيرات في الخريطة الوراثية واحتمالات الإصابة بالمرض. وخلاصة القول إننا على أعتاب ثورة علمية كبيرة وطفرة نوعية في التزاوج ما بين طوفان التقنيات الحيوية وقواعد المعلومات في الجينوم البشري، وتطور العلوم الحاسوبية والرقمية مما سيتمخض عن إدارة وفهم وتحليل الكم الهائل من ناتج التطور المذهل للمعلومات الوراثية.

النقد العلمي
العدد (97) ابريل 2017

ملف العدد <<<

المعلوماتية الحيوية «بيوإنفورماتيكس» ثورة المعلومات الجينية
8
د.طارق قابيل

خوارزميات جديدة تعالج البيانات المتعاظمة
16
د.باسل أبو جاموس

المعلوماتية الحيوية.. آفاق واعدة في تشخيص الأمراض
21
د.آمال محمود

المعلوماتية الحيوية والمتسلسلات العالية الإنتاجية
24
د. منذر الحمدوش

البيانات الضخمة في مجال البحوث البيوطبية والرعاية الصحية
32
د.منير وزير

المعلوماتية الحيوية ومحاربة الأمراض الفيروسية
36
د.عبده الفقي

من مقالات العدد >>>

نمو الوجه والأسنان لدى الأطفال

د. سعود العنزي 42

استخدام البكتريا للحد من كراهية الأراضي للماء

د. خالد الطرابيلي 54

أسئلة العلم التي فتحت آفاق المعرفة
ماذا لو لم تسقط التفاحة؟

د. عمّار العاني 68

السالمونيلا..... الخطر القادم من أعماق الغذاء

د. عبدالرحمن لطفي أمين 73

علم معرفة رموز الأقلام.. إنجاز عربي حضاري

د. محمد حسان الطيان 85

المركز العلمي
THE SCIENTIFIC CENTER
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

جاهز للمرح؟

إستكشف تجربة جديدة كلياً في قاعة الاستكشاف

Discovery Place
1848 888
www.tsck.org.kw

ملف العدد

المعلوماتية الحيوية

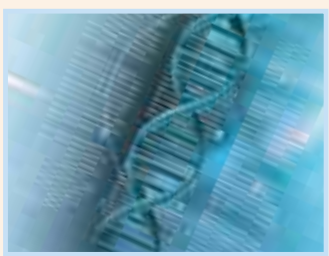
أدت التطورات التقنية الحديثة إلى تفجر كميات هائلة من البيانات في مختلف المجالات، ومنها مجالات العلوم الحيوية، إلى حد يتعذر معه تحليل تلك البيانات واستخراج النتائج منها بالعقل البشري المجرَّد. وواكب ذلك تطور كبير في مجال المعلوماتية، مما أسهم في اندماج معظم هذه التقنيات معًا لتحليل تلك البيانات الضخمة، والتوصل إلى حلول علمية كثيرة أدت إلى ثورة علمية في العديد من القطاعات العلمية والصناعية، وفك غموض العديد من الأسرار العلمية الدفينة.

وتطلب ذلك التطور المعرفي انبثاق علم جديد هو علم المعلوماتية الحيوية أو «بيوإنفورماتيكس» (Bioinformatics)، بوصفه علما يلتقي فيه النمو الهائل للتقنية الحيوية مع التطور المطرد لتقانة المعلومات. وهو علم يدمج الحاسوب مع الرياضيات والجينوم والأحياء، ويتعامل مع الخلية والحمض النووي كما لو أنها حاسوب.

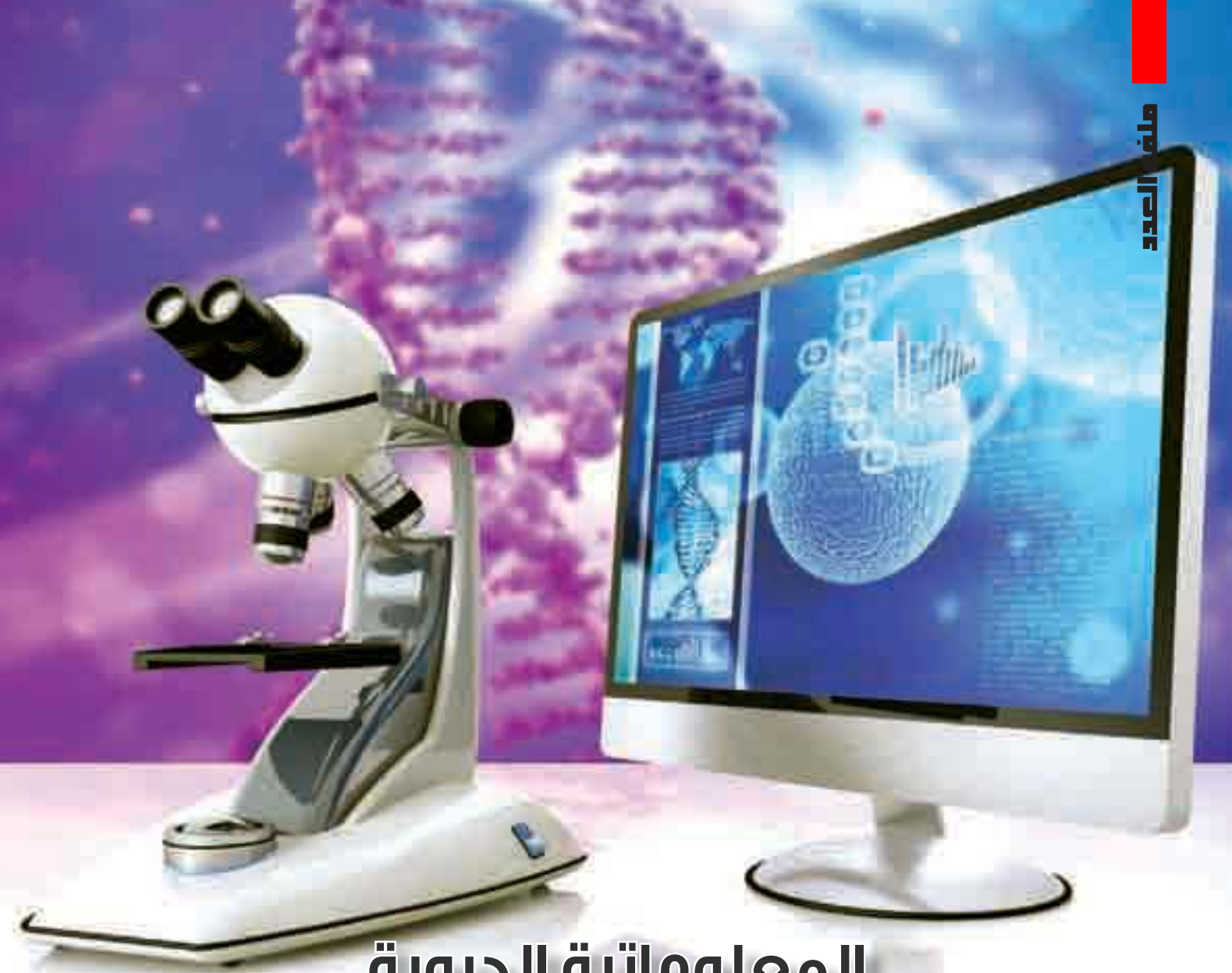
وهذا الملف يتطرق إلى عدد من الموضوعات المهمة في علم المعلوماتية الحيوية يقدمها متخصصون في هذا المجال، ويتناولون فيها نشأة هذا العلم وتطوره، وبعض الأسس التي يستند إليها، وعددا من التطبيقات المهمة التي ستسهم في خدمة البشرية وتطورها.

المعلوماتية الحيوية «بيوإنفورماتيكس» ثورة المعلومات الجينية

المعلوماتية الحيوية.. آفاق واعدة في تشخيص الأمراض



البيانات الضخمة في مجال البحوث البيوطبية والرعاية الصحية



المعلوماتية الحيوية

«بيوإنفورماتيكس»

ثورة المعلومات الجينية

د.طارق قابيل *

شهدت السنوات الماضية ثورة علمية كبيرة في التقنيات الحيوية أدت إلى توافر كميات هائلة من المعلومات حول تراكيب ووظائف المكونات الخلوية والحيوية الدقيقة وبخاصة الحمض النووي المنقوص الأكسجين، والبروتينات. وتمثلت هذه المعلومات بشكل رئيسي في سلاسل الأحماض النووية والأمينية والخرائط الوراثية (الجينوم) للكائنات الحية والتراكيب الثلاثية الأبعاد للبروتين. وواكب هذه الثورة تطور كبير في مجال المعلوماتية، مما أدى إلى

* أستاذ التقنية الحيوية المساعد في كليتي العلوم والآداب بجامعة الباحة، (السعودية).

ثورة التركيب الجيني

شهدت تسعينيات القرن العشرين تقدّماً لافتا في علوم الوراثة والجينات، خصوصاً في مشروعات التعرّف إلى التركيب الجيني لعدد من الكائنات الحيّة، مثل خميرة الخبز والفأر وذبابة الفاكهة. وتوّجت هذه الجهود بالكشف عن التركيبة الجينية (الوراثية) للإنسان. وتلك الإنجازات ولّدت طوفانًا من المعلومات المتطورة في مجال علوم البيولوجيا، تضمنت الخريطة الجينية (الجينوم) للكائنات المختلفة، والمركبات التي تتفاعل في الخلية مع تلك الشفرة، وما ينتجه ذلك التفاعل من بروتينات أساسية وإنزيمات وغيرها من المُركّبات المسؤولة عن قراءة الشفرة الوراثية والتعامل مع معطياتها، بما في ذلك نسخ المعلومات التي تحملها تلك الشفرة الحيّة والفريدة من نوعها. وبذا، استطاع العلماء التعرّف إلى تلك المعلومات التي تُحدّد تركيب الجسم وطبيعة عمله ونسق نموه. وهكذا، أدّت تلك التطورات إلى نمو نوعي في معلومات البشر عن الظواهر البيولوجية وتراكيبها وآلياتها.

وطبقا لنشرة بنك المورثات في يونيو 2009، التابع للمركز الوطني لمعلومات التقنيات الحيوية في ميريلاند بالولايات المتحدة الأمريكية، فقد بلغ عدد محتويات البنك نحو 106 ملايين سلسلة تحتوي على أكثر من 105 مليارات قاعدة حمض نووي. ويتضاعف حجم المعلومات البيولوجية مرة كل سنة ونصف أو سنتين، لذا كان لا بد من اللجوء إلى تقانة المعلومات Information Technology التي تتضاعف قوتها كذلك بالوتيرة نفسها تقريباً. وأدى التزايد الكمي للمعلومات البيولوجية إلى بزوغ حقول علمية جديدة متعددة.

اندماج معظم هذه التقنيات معًا لتحليل تلك البيانات الضخمة والتوصل إلى حلول علمية كثيرة أدت إلى تثوير العديد من القطاعات العلمية والصناعية وفك غموض العديد من الأسرار العلمية الدفينة.

التطبيقات الطبية

اهتم العلماء بالتطبيقات الطبية بشكل كبير، نظرًا لأن فهماً أفضل لكيفية انتظام الجينات، ودورها في الخلية وفي تطور الكائنات، يفتح الباب أمام تصميم علاجات تتناسب مع المواصفات الوراثية للإنسان ولفهم المشكلات الصحية المترافقة مع التقدّم في العمر. وشكّلت المعلومات الجينية المكتشفة، بسرعة، الأساس لتصميم الكثير من الأدوية ومُكوّناتها. وأصبحت أداة لتحسين الكثير من التراكيب الوراثية لعدد كبير من المحاصيل الزراعية والحيوانات ذات الأهمية الاقتصادية.

وفي مقابل هذا التدفق المعلوماتي الكبير، واجه العلماء تحدي سُبل التنقيب والبحث عن معلومات مُحدّدة، بطريقة سريعة وفعّالة، في هذا الكم العارم، باعتبار ذلك من المتطلبات الأساسية في البحث العلمي. وبات العثور على المعلومة المطلوبة يُشبه محاولة العثور على إبرة في كومة من

ترجع بداية استخدام مصطلح المعلوماتية الحيوية «بيوإنفورماتيكس» إلى ظهور كتاب «أطلس البروتينات الأساسية وتراكيبها» لمارغريت دايهوف عام 1968 وظهر المصطلح في الأدبيات العلمية عام 1991

- الإنجازات العلمية ولّدت طوفانًا من المعلومات المتطورة في البيولوجيا تضمنت الخريطة الجينية (الجينوم) للكائنات والمركبات التي تتفاعل في الخلية وما ينتج عن ذلك من مُركّبات مسؤولة عن قراءة الشفرة الوراثية

القشّ. وتطلب التطور في المعرفة انبثاق علم جديد هو علم المعلوماتية الحيوية أو «بيوإنفورماتيكس» (Bioinformatics) كعلم يلتقي فيه النمو الهائل للتقنية الحيوية مع التطور المطرد لتقانة المعلومات. وهو علم يدمج الحاسوب مع الرياضيات والجينوم، ويتعامل مع الخلية والحمض النووي كما لو أنها حاسوب.

ويعرف علم الأحياء الحاسوبي أو البيولوجيا الحاسوبية (Comp-tational Biology) بأنه استخدام أحدث تقنيات الرياضيات التطبيقية، والمعلوماتية informatics، والإحصاء، وعلوم الحاسوب لحل مشكلات بيولوجية حيوية.

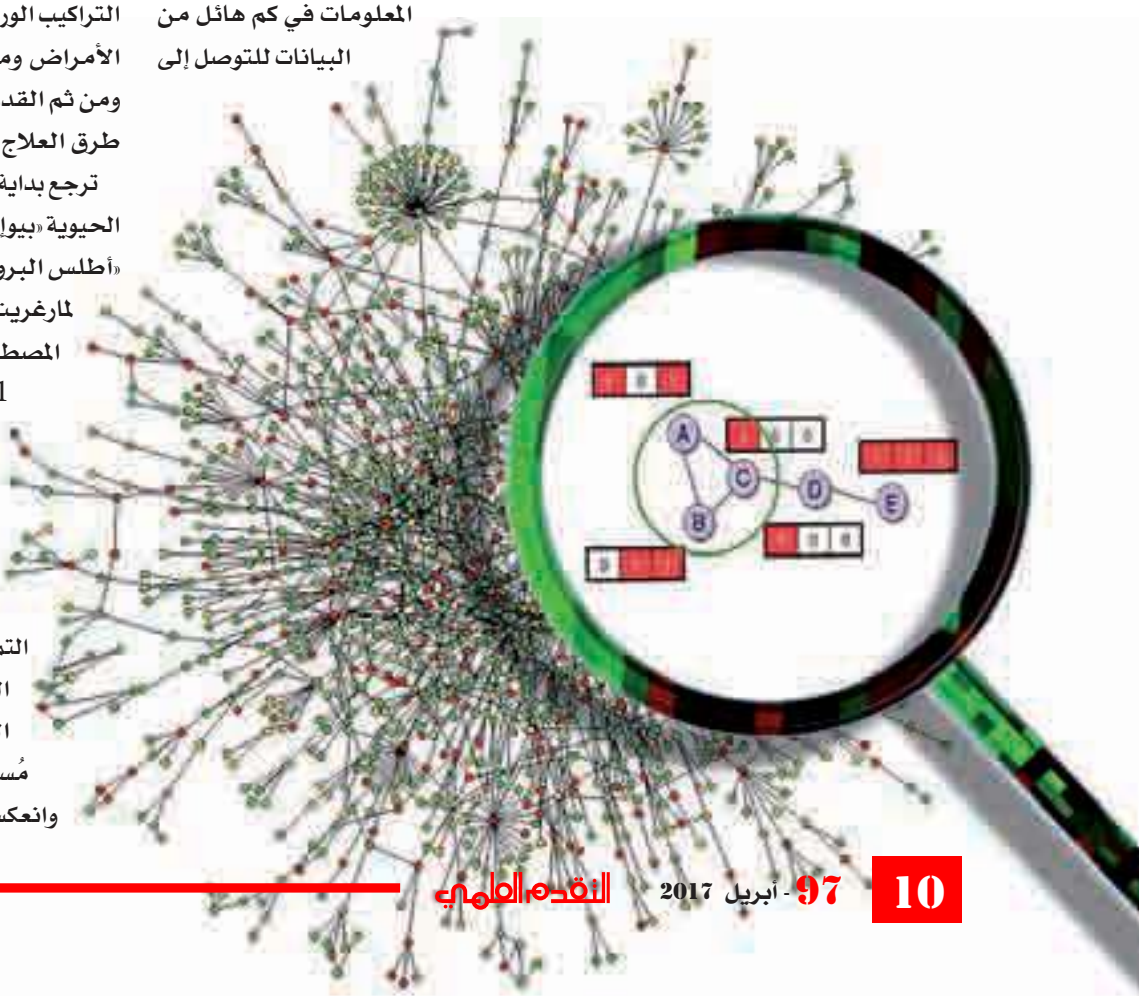
وبقول آخر، فإن ذلك العلم يدمج علم الظاهرة الحيّة مع الحاسوب والتقنيات الرقمية، باعتباره ضرورة لإدارة وتحليل وفهم الكم الهائل من المعلومات الناتجة من ثورة المعلومات الجينية.

كما يستهدف هذا العلم البحث عن المعلومات في كم هائل من البيانات للتوصل إلى الأسرار التي أودعها الخالق في صفاتنا الوراثية، وفهم أعمق لكيفية تفاعل هذه المكونات داخل وخارج خلية الكائن الحي، في مختلف الظروف التي تواجهه في حالة الصحة والمرض.

تطور المعلوماتية الحيوية

ظهر علم المعلوماتية الحيوية كخليط من علمي الأحياء، والحاسوب مثلا في علم قواعد البيانات، وذلك لحفظ واسترجاع البيانات الناتجة من تجارب التقنيات الحيوية. ولقد وفرت قواعد البيانات الحيوية مادة أولية للباحثين من المختصين في المجالات الأخرى كالإحصاء، والرياضيات، والذكاء الاصطناعي، والاحتمالات لإجراء أبحاث تعتمد على ما توصلت إليه هذه العلوم من طرق وأساليب للبحث في هذه المعلومات الحيوية. ومن هنا أصبح علم المعلوماتية الحيوية خليطا من كل هذه العلوم، مما فتح المجال أمام الباحثين لتبني أساليب جديدة متطورة للبحث في التراكيب الوراثية المعقدة، ووفر طرقا لفهم الأمراض ومسبباتها، ومراحل تطورها، ومن ثم القدرة على تشخيصها، وتصميم طرق العلاج المناسبة لها.

ترجع بداية استخدام مصطلح المعلوماتية الحيوية «بيوإنفورماتيكس» إلى ظهور كتاب «أطلس البروتينات الأساسية وتراكيبها» لمارغريت دايهوف عام 1968. وظهر المصطلح في الأدبيات العلمية عام 1991. ودخل ذلك العلم في مرحلة التطور العاصف مع استخدام تكنولوجيا الحاسوب في مجال البيولوجيا، وخصوصاً مع ابتكار برنامج «البحث التماثلي» (Similarity Search) الذي أدى استعماله إلى كشف العلاقة بين مكونات فيروس مُسبّب للسرطان بأحد الجينات. وانعكس التطور الكبير في تقنيات



التعرّف إلى الشفرة الوراثية على نمو تقنية المعلوماتية الحيوية وتطورها؛ ما مكّنها من توفير الأرضية التقنية لمساعدة الاختصاصيين على التعامل مع الكميات الهائلة من البيانات العلمية.

وساعدت الرياضياتُ المعلوماتيةَ الحيوية على السير بمعدلات سريعة، وتحقيق قفزات تتلاءم مع حجم المعلومات المتضاعفة، من أجل أن تتكامل هذه المعلومات وتتضافر لتشكل صورة شاملة عن نشاطات الخلايا الحيّة، ما يساعد الباحثين في الكشف عن أسباب تغير هذه النشاطات في الأمراض المختلفة.

لغات البرمجة

ويدين ذلك العلم أيضاً للتطورات التقنية في لغات البرمجة، والتقدم الحاصل في تنسيق عمل الحواسيب، ما يُسمى «تكنولوجيا الحاسوب العنقودي» (Cluster Computer)، وزيادة قوة التخزين في الأقراص الصلبة والمتحركة، والتقدم في الشبكات، مثل ظهور الإنترنت.

ففي بداية الثورة الجينية، انصب اهتمام المعلوماتية الحيوية على إنشاء قاعدة بيانات لتخزين معلومات علوم البيولوجيا، بما في ذلك مقارنة المعلومات وتحليلها. ولا يشمل تطوير القواعد البيانية مسائل التصميم فقط، بل يشمل أيضا تطوير روابط إلكترونية متطورة بينها، لتضمن توفير المعلومات بطريقة سهلة وديناميكية، فضلاً عن إمكان إدخال بيانات جديدة وتنقيحها.

ولكي تتم الاستفادة القصوى من هذه البيانات، لا بد من توافر الأداة التي تمكن المستخدم من البحث في قاعدة البيانات المعينة، وأن تجلب له المعلومة التي يبحث عنها تحديداً. وظهرت مجموعة من تلك البرامج، مثل برنامج «إس أر إس» (SRS)، الذي يُعتبر من أهم برامج البحث المتخصّصة في هذا المجال.

ويضم الموقع الخاص بـ «المعهد الأوروبي للمعلوماتية الحيوية» (European Bioinformatics Institute) عدداً من البرامج المُشابهة. وتستطيع تلك البرامج إعطاء المعلومة المطلوبة، وأن تستنطق غير قاعدة بيانية من خلال أسلوب استفسار مُرَكّب.

قواعد البيانات

كانت بداية هذا المجال في أوائل الثمانينيات، وارتكزت على قاعدة بيانات عُرفت باسم «جِن بانك» (GenBank)، أنشأتها وزارة الطاقة الأمريكية لتخزين تتاليات قصيرة من تسلسلات الحمض النووي DNA. وفي الأيام الأولى لقاعدة البيانات «جِن بانك» كانت هنالك مجموعة محدودة من الفنيين تعمل على حواسيب تحوي لوحاتها أربعة أحرف هي A و C، و T و G، وكانت هذه المجموعة تُدخل بضجر تسلسلات الدنا التي كانت تنشر في المجلات الأكاديمية. وبمرور السنين، ظهرت بروتوكولات جديدة مكنت الباحثين من

يتضاعف حجم المعلومات البيولوجية مرة كل نحو سنتين لذا كان لا بد من اللجوء إلى تقانات المعلومات التي تتضاعف قوتها كذلك بالوتيرة نفسها وأدى ذلك لبزوغ حقول علمية جديدة منها المعلوماتية الحيوية

تطور علم المعلوماتية الحيوية

تطور علم المعلوماتية الحيوية من خلال عدة انجازات متتالية أهمها:

في عام 1951، تم تحديد تركيب البنية الثانوية للبروتينات (Alpha-Helix And Beta-Sheet).

• في سنة 1953 ، وبالاعتماد على الصور السينية المأخوذة بواسطة روزاليند فرانكلين والمعلومات المتوافرة عن القواعد وطريقة ارتباطها ببعضها، طرح كل من جيمس واتسون وفرانسيس كريك نموذجهما (اللولب المزدوج) للحمض النووي الريبوزي المنقوص الاكسجين او الدنا دي ان ايه، (DNA)، وهو مجموعات كبيرة متكررة من الأحماض النووية تتشكل في هيئة سلسلتين طويلتين حلزونيتين من الجزيئات. يعد الدنا عماد الكائنات الحية ووجود الحياة على الأرض. ويعتبر وسيلة التخزين الطويل الأجل للمعلومات الوراثية وهي الوظيفة الأساسية لجزيئاته ، ويمكن من خلال هذه الجزيئات الحصول على المعلومات اللازمة لبناء البروتينات والحمض الريبي النووي الرنا ،ار ان ايه، (RNA)، تسمى قطع الدنا التي تحمل معلومات وراثية يمكن ترجمتها لبروتينات بالمورثات أو الجينات.

• وفي سنة 1957، أوضح كريك العقيدة الأساسية لعلم الأحياء الجزيئي العلاقة ما بين الدنا والرنا والبروتينات، وبين لاحقا ان الكودونات تتكون من ثلاث قواعد، مما ساعد علماء آخرين على فك الشفرة الوراثية وتحديد الكودونات المشفرة للأحماض الأمينية.

• في سنة 1958، أوضح العالمان ميليسون وستال طريقة تناسخ الدنا.

• في عام 1955 ،تم نشر أول سلسلة لبروتين الأنسولين.

• في عام 1965، تم نشر أول أطلس لسلاسل البروتين. في عام 1969، تم

تطلب التطور المعرفي انبثاق علم المعلوماتية الحيوية كعلم يلتقي فيه النمو الهائل للتقنية الحيوية مع التطور المطرد لتقانة المعلومات ويدمج الحاسوب مع الرياضيات والجينوم ويتعامل مع الخلية والحمض النووي كما لو أنها حاسوب

الاتصال مباشرة بالقاعدة «جِن بانك» وتفريغ التسلسلات التي كانوا يحصلون عليها، وفي الوقت نفسه تقريبًا انتقلت إدارة «جِن بانك» إلى مركز معلومات التقانة الحيوية (NCBI) التابع للمعاهد القومية للصحة في الولايات المتحدة. ومع إطلالة الشبكة العالمية (الوب)، صار بمقدور الباحثين في جميع أنحاء العالم الحصول بسهولة على بيانات القاعدة «جِن بانك» من دون مقابل.

وبمجرد انطلاق مشروع الجينوم البشري (HGP) رسميًا في عام 1990، فإن حجم بيانات تسلسلات الدنا في القاعدة «جِن بانك» نما بطريقة أُسِّية. ومع إدخال تقنية السَّلْسَلَة المباشرة ذات المردود المرتفع في التسعينيات (مقاربة تستعمل فيها الروبوتات (الإنسالات) Robotics، وآلات سَلْسَلة الحمض النووي DNA المؤتمتة والحواسيب، فإن بيانات «جِن بانك» ازدادت ازديادًا هائلا خلال مدة قصيرة. وبحلول ربيع عام 2000 ضمت القاعدة «جِن بانك» بيانات التسلسلات عن أكثر من سبعة بلايين وحدة من الحمض النووي DNA. وفي الوقت الذي انطلق فيه مشروع الجينوم البشري، بدأت شركات خاصة مشروعات سَلْسلة موازية، وأسست لنفسها قواعد بيانات ضخمة.

لكن القاعدة «جِن بانك» والشركات الشقيقة تمثل جزءًا فقط من الصورة الكلية للمعلوماتية الحيوية. فقواعد البيانات الأخرى العامة والخاصة تحتوي على معلومات عن التعبير الجيني، وعن الاختلافات الجينية الدقيقة بين الأفراد والتي تسمى التعدد الشكلي لاختلاف النكليوتيد الواحد Single Nucleotide Polymorphisms SNPs، كما تشتمل على بنى البروتينات المختلفة وخرائط تآثر هذه البروتينات.

تشابهات قطع الحمض النووي

إن تحديد وظيفة عمل البروتينات الأساسية، ومعرفة تراكيبها الهيكلية، أصبح من التحديات الكبيرة في مجال تصميم الأدوية. ومع ازدياد الفرق بين كمية المعلومات التي تنشرها مشروعات الجينوم، وعدد

اطلاق شبكة أربانت ARPANET لربط جامعتي ستانفورد وبيركلي.

• في عام 1970، تم نشر خوارزمية (Needleman-Wunsch) لمقارنة السلاسل الوراثية.

• في عام 1973 ، تم إنشاء بنك البروتينات الخاص بتركيبها الثلاثي من واقع التصوير.

• في عام 1980، تم نشر اول مورث كامل احدى العاثيات وهي فيروسات تغزو البكتيريا، ومن اكثر الكائنات الحية شيوعا على سطح الأرض، وهو مكون من 5386 قاعدة حمض نووي تمثل تسعة بروتينات.

• في عام 1981، تم نشر خوارزمية (Smith-Waterman) لمقارنة السلاسل.

• في عام 1982، تم إنشاء المركز الوطني لمعلومات التقنية الحيوية (NCBI) بأمريكا تحت المعهد القومي للسرطان.

• في عام 1990، تم العمل ببرنامج «بلاست» الخاص بالبحث والمقارنة في قواعد البيانات لسلاسل الحمض النووي والبروتين.

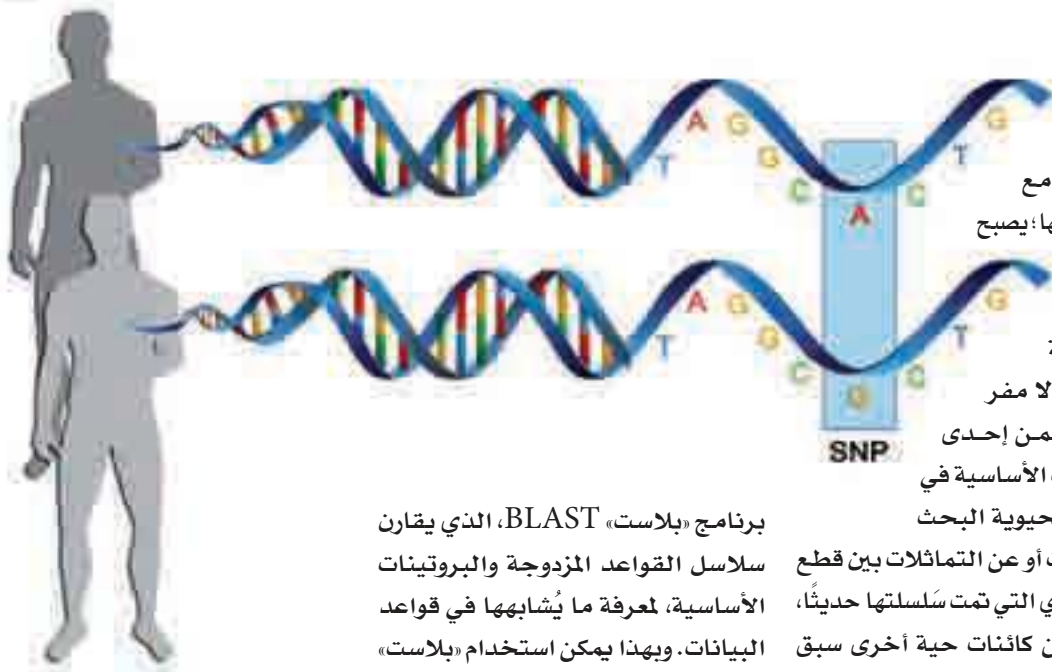
• في عام 1995، تم اكتمال سلسلة اول جينوم لبكتريا والتعرف اليها.

• في عام 1996، تم إنتاج اول شرائح للمصفوفات الدقيقة التجارية من شركة (Affymetrix).

• في عام 1997، تم اكتمال سلسلة جينوم بكتريا الإشريكية القولونية (الاسم العلمي: Escherichia coli)، وهي من أهم أنواع البكتريا التي تعيش في أمعاء الثدييات، والمحتوية على 4.7 مليون قاعدة.

• في عام 2001، تم الانتهاء من الجينوم البشري ، المحتوي على 3000 مليون قاعدة.

• في عام 2002، تم نشر الجينوم الكامل للفأر المنزلي.



البروتينات المُكتشفة باستمرار؛ مع وظائفها وتركيبها؛ يصبح الالتجاء إلى أدوات المعلوماتية الحيوية أمراً لا مفر منه. وتتضمن إحدى أهم العمليات الأساسية في المعلوماتية الحيوية البحث عن التشابهات أو عن التماثلات بين قطع الحمض النووي التي تمت سَلسلتها حديثًا، وبين قطع من كائنات حية أخرى سبق أن سُلسلت. إن العثور على التسلسلات المتقاربة يتيح للباحثين التنبؤ بنمط البروتين الذي يكوّده التسلسل الجديد. وهذا لا يتمخض فقط عن نتائج تقود إلى أهداف دوائية في مرحلة مبكرة من تطوير الدواء، إنما يستبعد أيضًا أهدافًا كثيرة أخرى قد تؤدي إلى طريق مسدود.

ومن أهم تلك الأدوات وأكثرها استخداماً، برنامج «بلاست» BLAST، الذي يقارن سلاسل القواعد المزدوجة والبروتينات الأساسية، لمعرفة ما يُشابهها في قواعد البيانات. وبهذا يمكن استخدام «بلاست» لاستنتاج العلاقة الوظيفية بين البروتينات الأساسية في الخلية والقواعد المزدوجة للجينات، إضافة إلى التعرف إلى الفئة التي ينتمي إليها الجين.

بنية البروتين

ويشغل التنبؤ بتركيب البنية الثلاثية الأبعاد للبروتين (Protein Structure

مجالات بحثية واعدة

تشهد المعلوماتية الحيوية تطوراً كبيراً، ويقوم الباحثون المهتمون بها باجراء بحوث لتطوير التطبيقات التي تعتمد عليها المعلوماتية الحيوية ومنها:

- تصميم قواعد البيانات الأحادية والتجميعية.
- تصميم قواعد بيانات التراكيب الجزيئية.
- بناء خوارزميات التنقيب في أدبيات العلوم الحيوية لاستخلاص المعلومات (Text Mining).
- تصميم خوارزميات تصنيف المعلومات الأحيائية.
- تصميم خوارزميات فعالة لاسترجاع المعلومات من قواعد البيانات الحيوية.
- تصميم واجهات سهلة الاستخدام للوصول إلى مصادر المعلومات.
- تطوير واجهات أشكال توضيحية (رسومية) لتصوير الجزيئات في حالتها الطبيعية.
- الربط بين مختلف مصادر المعلومات كقواعد البيانات الموزعة وأجهزة التقنيات الحيوية.
- تطوير أساليب جديدة لتحليل البيانات الحيوية.
- تطوير خوارزميات التنبؤ بالأمراض المختلفة.
- تصميم تجارب المحاكاة الجزيئية الحيوية.

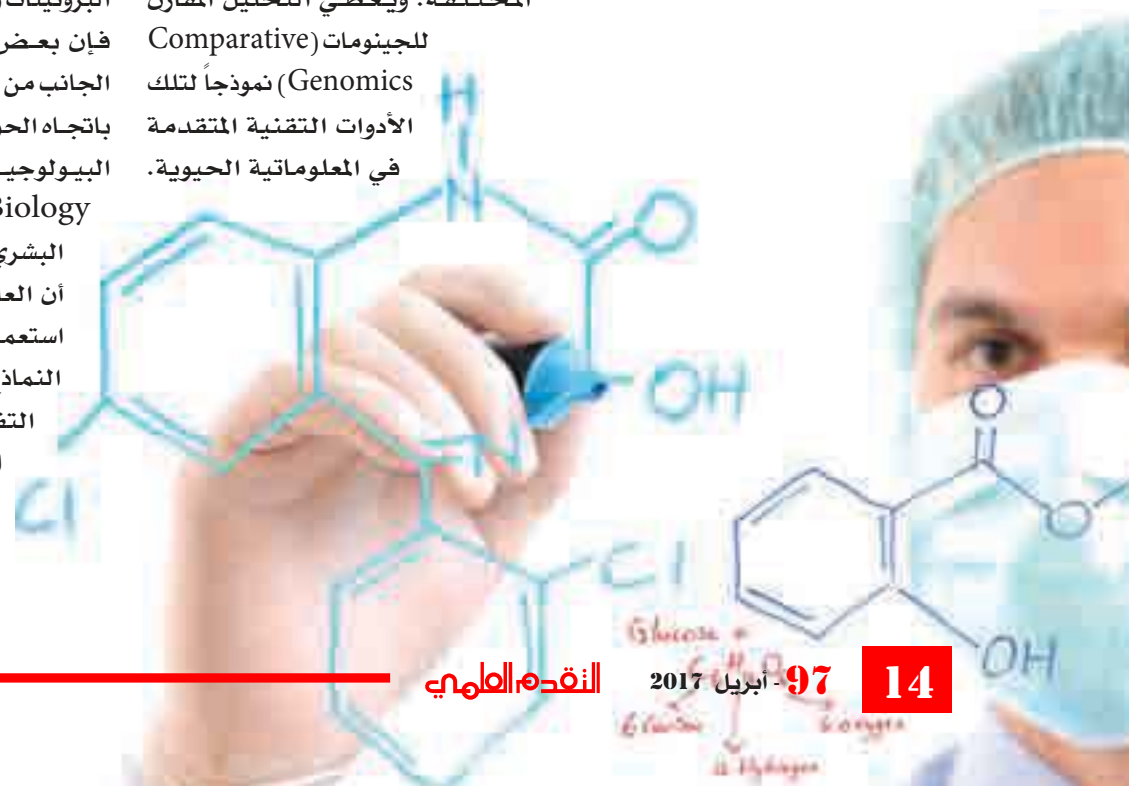
Prediction) حيزاً كبيراً في علم المعلوماتية الحيوية.

و تعطي بعض أدوات علم المعلوماتية الحيوية فكرة تقريبية عن عمل البروتين الأساسي، انطلاقا من تركيبه الأول أيضاً. وتشمل نشاطات المعلوماتية الحيوية الأساسية مستويات عدّة، بداية من العمل النظري ووصولاً إلى صنع جداول إحصائية يستطيع الحاسوب التعامل معها؛ ما يُمهد لصنع أدوات التحليل المختلفة. ويُعطي التحليل المقارن للجينومات (Comparative Genomics) نموذجاً لتلك الأدوات التقنية المتقدمة في المعلوماتية الحيوية.

ويمكّن هذا التحليل من التعرّف إلى العلاقة التطورية بين الكائنات، عبر اكتشاف أمكنة التشابه والاختلاف في تراكيبها الجينية.

والمعلومات التي يوفرها التحليل المقارن للجينومات تساعد على فهم أفضل لعمل جينات الإنسان، ومن ثم صوغ استراتيجيات أفضل لمكافحة الأمراض.

وبتوافر أدوات المعلوماتية الحيوية الجديدة، وتزايد البيانات الخاصة ببنى البروتينات وبالسبل الجزيئية الحيوية، فإن بعض الباحثين يرى أن هذا الجانب من تطوير الأدوية سينحو أيضًا باتجاه الحواسيب، أو ما يطلقون عليه البيولوجيا في السيليكون In Silico Biology. ومع اكتمال الجينوم البشري، رأى المنظّرون البيولوجيون أن العلماء سيكونون قادرين على استعمال المعلوماتية الحيوية لوضع النماذج الملائمة للعدد الفلكي من التفاعلات الكيميائية الحيوية التي تثري حياة الإنسان، وأن العلماء مؤهلون للتفكير في الجينات الموجودة في الخلية البشرية على أنها



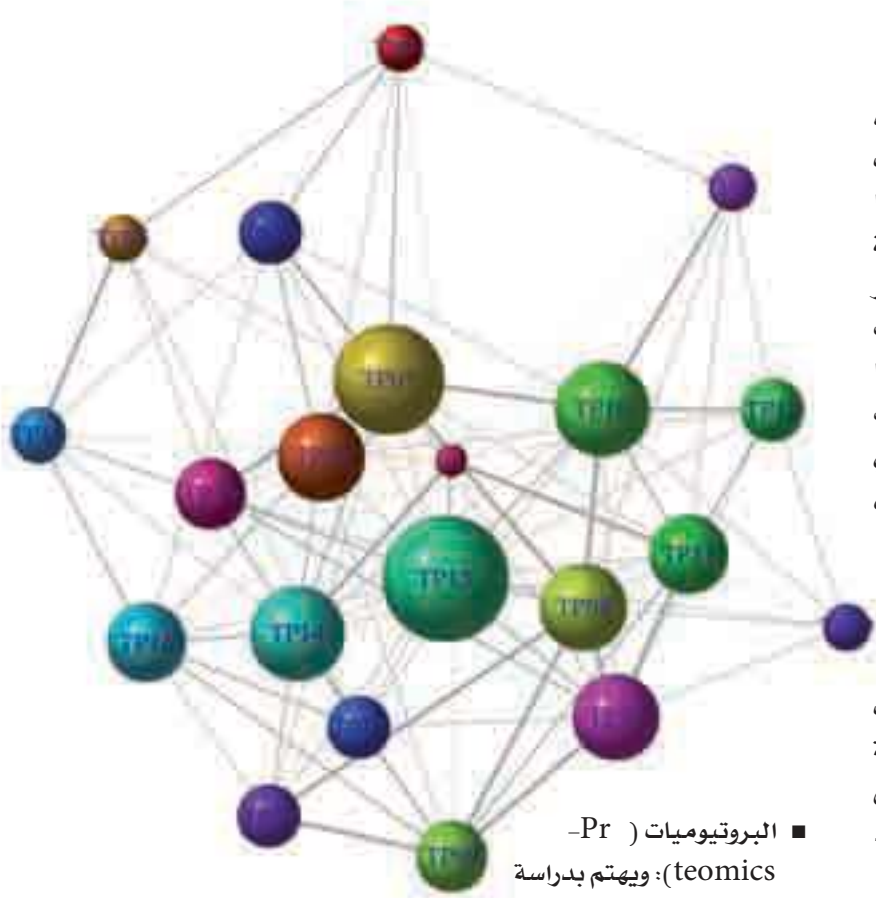
نوع من حواسيب كيميائية مُعالجة، تعمل على التوازي، إذ تقوم الجينات باستمرار بتفعيل أو تعطيل عمل بعضها بعضًا في شبكة من التآثرات الشديدة التعقيد. وترتبط مسالك التأشير الخلوي (Cell Signaling) بمسالك جينية مُنَظِّمة، وإن أضخم مشروع أمامنا للمعلوماتية الحيوية يتمثل بفك خيوط هذه الشبكة المنظمة التي تضبط تنامي الخلية من مرحلة البيضة المخصبة حتى مرحلة البلوغ.

يواجه ذلك العلم معضلة تتمثل في قلة عدد المتخصصين فيه. ومنذ أواسط تسعينيات القرن الماضي، يتزايد دور هذا العلم في مجال أبحاث البيولوجيا والصيدلة والجينات، بنسبة تزيد على 25 في المئة. ولم تترافق هذه القفزة مع ارتفاع مماثل في عدد الاختصاصيين.

المعلوماتية الحيوية والعلوم الأخرى

هناك مجموعة من العلوم ذات العلاقة الوثيقة بالمعلوماتية الحيوية أهمها:

- الفيزياء الحيوية (Biophysics): وتستخدم لفهم التراكيب الحيوية والوظائف الأحيائية.
- حوسبة الأحياء (Computational of Biology): وتستخدم لدراسة العمليات الأحيائية المعقدة من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي، والخوارزميات.
- الأحيائية الرياضية (Mat-ematical Biology): ويتم فيها استخدام النظريات الرياضية لفهم العمليات البيولوجية، وغالبا ما تستخدم في النمذجة.
- الجينوميات (Genomics): ويستخدم هذا العلم لدراسة أو تحليل أو مقارنة كامل المورثات، أو مقارنة أنواع مختلفة منها.



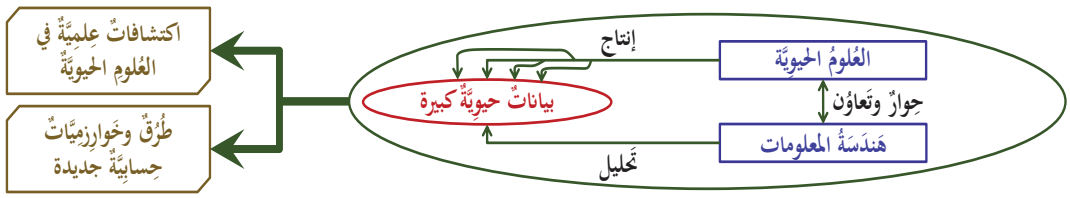
- البروتيوميات (Pr-teomics): ويهتم بدراسة البروتينات الناتجة من المورثات، وتراكيبها وتفاعلها بعضها مع بعض.
- الجينومات الصيدلانية (Pharm-cogenomics): وتطبق منهجيات وتقنيات الجينوم من أجل اكتشاف العقاقير الجديدة.
- الوراثة الصيدلانية (Pharm-cogenetics): وتستخدم لتحديد أسباب الاختلاف الوراثي بين الأفراد من حيث استجابتهم للأدوية.
- المعلوماتية الطبية (Medical Informatics): ويستفاد منها في فهم المعلومات الطبية وإدارتها وإجراء البحوث العلمية عليها.
- المعلوماتية الكيميائية (Cheminfo-matics): وتستعمل في اكتشاف وتطوير العقاقير الطبية.
- تحليل الصور الطبية (Medical Imaging Analysis): ويهتم بتحليل الصور وفقا للمعلومات الطبية وحالة المريض. ■

خوارزميات جديدة تعالج البيانات المتعاظمة

د. باسل أبو جاموس *

أدَّى تسارُعُ التطوُّرات التقنية الحديثة إلى تَفَجُّر كمِّيات هائلة من البيانات في مختلف المجالات، ومنها مجالاتُ العلوم الحيويَّة، إلى حَدٍّ لا يُستَطاعُ معه تَحليلُ تلكَ البيانات واستخراجُ النتائج منها بالعَقل البشريِّ المجرَّد، فلو أخذنا مَصفوفَةَ التَّعبيرات الجينيّة (gene expression dataset) مثالًا على أحَدِ أنواع

* قسم النبات – جامعة أكسفورد، (المملكة المتحدة)



الشكل 1: الصُّورَةُ العامَّةُ لمجالِ المعلوماتيَّةِ الحيويَّة. تَكمُنُ المشكلَةُ في أنَّ سُرعَةَ إنتاجِ البياناتِ الكَبيرَةِ أكبرُ بكثيرٍ مِنْ سُرعَةِ تَحليلِها.

وقد تَمَّ إنتاجُ نحو مئة ألف مِنْ هذه المصفوفات الكَبيرة حتى الآن. وتلكَ ضَرورَةٌ ألجأتْ عُلماءَ الأحياءِ إلى الاستعانَةِ بمهندسي المعلومات (information engineers) الذين يُطوِّرون طُرُقًا وخوارزميَّات حسابيَّةً لتحليل مثل تلكَ البيانات الكبيرة باستخدام الحواسيب. ثُمَّ صارَ هذا المجالُ المعنيُّ بتحليل البيانات الحيوية الكبيرَة باستخدام الطرق الحسابيَّة فَنًّا مُستَقلًّا يُعرَفُ بالمعلوماتيَّة الحيوية (bioinformatics).

ومعَ ذلك، فإنَّ المراقبَ لهذا المجال خلالَ العُقود الثلاثة الأخيرة يَجد أنَّ سُرعةَ تَحليل البيانات الحَيويَّة الكبيرة وسَبر أغوارها لاستخراج مَكنوناتها وكَشف خَباياها لا تزالُ قاصرَةً عَنْ سُرعَة إنتاج البيانات الحيويَّة نفسها، ممَّا يُوَسِّعُ الفَجوَةَ بينَ كَمِّيَّة البيانات الكبيرة المتاحَة وكَمِّيَّة ما تَمَّ استغلالُهُ منها في البحث العلميّ، وهذا الحالُ يُحتِّمُ

البيانات الحيويَّة الكبيرة، فإنَّ المصفوفَةَ الواحدَةَ منها تَضُمُّ آلافًا وربما مئاتُ الآلاف مِنَ الأرقام المجرَّدة.

على مهندسي المعلوماتيَّة الحيوية أنْ يَجِدُّوا لتصميم وتطوير جيل جَديد مِنَ الطُّرُق والخوارزميَّات الحسابيَّة القادرَة عَلى تَحليل كَمِّيَّات أكبرَ مِنَ البيانات سَعيًا لتضييق تلكَ الفَجوة.

مَنهجيَّةُ الانقيادِ بالفرضيَّة

يَغلُبُ عَلى الباحثينَ في العُلوم الحيَويَّة اتِّباعُ مَنهَجيَّة اسمُها "الانقيادُ بالفَرضيَّة" (hypothesis-driven) أو "الانقيادُ بالسُّؤال البحثيّ" (question-driven research)، وهيَ منهجيَّةٌ تعتمد عَلى قيام الباحث بالنَّظَر في المجهولات التي يُهِمُّهُ اكتشافُها بحسَب ما تُمليه عليه أولويَّاتُ بحثه، ثُمَّ يَصيغُ هذا الباحثُ فَرْضيَّةً رُبَّما تُفَسِّرُ ذلك المجهولَ أو سُؤالًا مُحدَّدًا لو أُجيبَ عَنه لكَشَفَ الغطاءَ عَنْ ذلكَ المطلوب. ولا يَصيغُ الباحثُ الماهرُ عادَةً فَرضيَّةً ولا سُؤالًا إلَّا ويُصَمِّمُ معهُ تَجربَةً لفحص الفرضيَّة أو الإجابة عَن السُّؤال، ولكنَّ العَديدَ مِنْ هذه التَّجارب تتطلَّبُ إنتاجَ بيانات جَديدَة، وكَثيرًا ما يَمضي الباحثُ فيُنتِجُ تلكَ البيانات الكبيرَة ويَستَعينُ بها عَلى فَحص الفرضيَّة أو الإجابة عن السُّؤال.

تَكمُنُ المشكلَةُ في أنَّ المعلومات التي يُمكنُ استنباطُها مِنْ تلكَ البيانات غالبًا ما تَكونُ أكثرَ مِنْ مُجرَّد الإجابَة

مَنهجيَّةُ الانقيادِ بالفَرضيَّةِ تَقومُ عَلى نظر الباحث في المجهولاتِ التي يُهِمُّهُ اكتشافُها بحسَبِ ما تُمليه عليه أولويَّاتُ بحثه ثُمَّ صياغة فَرْضيَّةً رُبَّما تُفَسِّرُ ذلك المجهولَ

لا يَصيغُ الباحثُ الماهرُ عادَةً فَرضيَّةً أو سُؤالًا إلَّا ويُصَمِّمُ معهُ تَجرِبَةً لفحصِ الفرضيَّة والعَديدَ مِنْ هذه التَّجارِبِ تتطلَّبُ إنتاجَ بياناتٍ جَديدَة

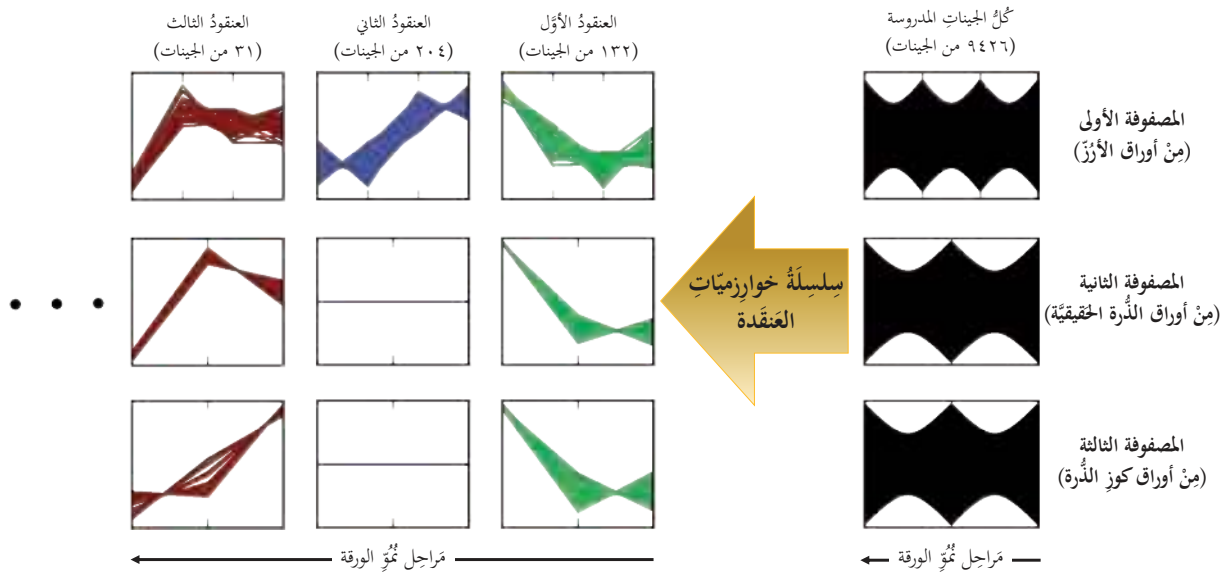
عن ذلك السُّؤال الدَّافع لإنتاجها، لذا فإنَّ الباحثَ بَعدَ أنْ يَقضيَ وَطَرَهُ مِنَ مصفوفَة البيانات يُودعُها أحدَ مخازن البيانات الحيوية الكبيرَة المفتوحَة للجميع حَتَّى يَستفيدَ منها غيرُهُ ويَستَخرجَ مِنْ مُحتواها الغَزير ما لم يَستَخرجْه، ومَعَ ذلك فقَلَّما يَعودُ الباحثونَ إلى تلكَ البيانات المودَعَة ويُشبعونها تَحليلًا واستخراجا، بل رُبَّما احتاجَ باحثٌ آخَرُ إلى إنتاج بيانات كَبيرَة أخرى شبيهة بتلكَ التي أنتَجَها السَّابقونَ لكنَّها لا تماثلُها تَمامًا، فيُضطَّرُ إلى إنتاج بيانات جديدَة ليُضيفَها إلى بحر البيانات الكبيرَة المتعاظم يَومًا بعدَ يوم.

حَصيلَةُ تلكَ المنهجيَّة المنقادَة بالفرضيَّات والأسئلة البحثيَّة هيَ تَراكُمُ مَصفوفات البيانات الحيويَّة الكبيرَة بشكل مُتسارع بَعدَ استخدام كُلٍّ منها استخدامًا جُزئيًّا، والعَديدُ مِنْ تلكَ المصفوفات تتشابَهُ أو تتشارَكُ في بَعض مواصفاتها ورُبَّما عالَجَتْ موضوعًا واحدًا ولكنْ مِنْ زوايا مختلفة، فمثلًا، آلافُ مصفوفات التعبير الجينيّ أُنتجَتْ من خلايا خميرَة الخبّاز (Saccharomyces cerevisiae)، والكثيرُ الكثيرُ منها أُنتجَتْ ضمنَ إطار إجهاد خلايا الخميرة بتعريضها لضغوط حراريَّة أو إشعاعيَّة أو إفقارها مِنْ نوع أو أنواع مِنَ الغذاء، فكُلُّ مَصفوفَة مِنْ تلكَ تَفحصُ جُزئيَّةً معيَّنَةً مُختلفَةً لكنَّها كُلَّها تَصُبُّ في موضوع واحد وَهُوَ فَحصُ أساليب خلايا الخميرَة في مواجَهَة الإجهاد والضغط.

مَنهَجيَّةُ الانقياد بالبيانات

صارَ مِنَ الضَّروريِّ تَبَنِّي منهَجيَّات مُختَلفَة للتخفيف مِنَ هذا العجز في استغلال الطَّاقَة المعلوماتيَّة الكامنَة، ومِمَّا يُحَقِّقُ ذلكَ أنْ نُعيدَ زيارَةَ تلكَ البيانات الكبيرَة الجاثمَة في مخازنها والمتاحَة للجميع فنَنظُرَ فيها تَحليلًا غيرَ مَقُود بفَرضيَّة أو سُؤال بَحثيٍّ معيَّن، بَلْ لنَستَثير البيانات نَفسَها حَتى تُخرجَ ما فيها مِنْ مَعلومات رُبَّما كانَ منها ما هُوَ جَديدٌ لم يَعرفْهُ الإنسانُ قَبلًا، وهذه المنهَجيَّةُ في البَحث والاكتشاف تُعرَفُ بمنهَجيَّة "الانقياد بالبيانات" (data-driven).

لا شَكَّ أنَّ الطُّرُقَ الحسابيَّةَ والخوارزميَّات التي يُمكنُ استعمالُها في منهجيَّة الانقياد بالبيانات تَختَلفُ – ولكن ليس دائمًا – عَنْ طُرُق وخوارزميَّات مَنهَجيَّة الانقياد بالفرضيَّة. ومِنْ عائلات الخوارزميَّات التي يُمكنُ استعمالُها بهذا الصَّدَد خوارزميَّاتُ عنقَدَة أو تَجميع البيانات (data clustering algorithms). وهذه الخَوارزميَّاتُ تَعمَلُ عَلى تَقسيم مَجموعَة مِنَ العناصر إلى عَدَد مِنَ العناقيد (clusters) بحيثُ تَكونُ العناصرُ المنتَميَةُ إلى نَفس العُنقود مُتشابهَةً فيما بينَها ومُختلفَةً عَنْ العناصر المنتَميَة إلى العَناقيد الأُخرى، فيُمكنُ مَثلًا تَطبيقُ إحدى هذه الطُّرُق على إحدى مصفوفات التعبير الجينيِّ الكَبيرَة لاستخراج عَناقيدَ مِنَ الجينات اللَّاتي تَتَشابَهُ في مُنحنيات تَعبيراتها الجينيَّة ضمنَ الظُّروف الحيويَّة التي أُنتجَت المصفوفَةُ فيها، ومِنْ ثَمَّ تُفحَصُ مُحتَوياتُ هذه العَناقيد مِنْ حيثُ وَظائف الجينات المنتَميَة إليها، فإنْ وَجَدنا عُنقودًا تَكثُرُ فيه جيناتٌ نَعرفُ مُساهَمتَها في عَمَل واحد كمواجَهَة إجهاد الصَّدمَة الحَراريَّة (heat shock response) مثلًا، ووجَدنا في نَفس العُنقود بعضَ الجينات اللاتي لا علمَ لَنا بوَظائفها، فلَنا أنْ نَضَعَ فَرضيَّةً تَنُصُّ عَلى أنَّهُ مِنَ المحتَمَل أنَّ وَظيفَةَ



الشُّكل 2: مُلَخَّصُ عَمل سلسلة الخوارزميّات التي طَوَّرناها خلالَ السّنوات الأخيرة. هذا الشُّكلُ التمثيليُّ مأخوذٌ مِنْ ثلاث مصفوفات تعبير جيني مِنْ ثلاثة أنواع مِنْ أوراق النباتات أثناءَ نُمُوِّها، حاصلُ العَمَليَّة إنتاجُ بَعض عناقيد الجينات التي تلزَمُ مُنحنيات متشابهة في كُلِّ مصفوفة مِنَ المصفوفات الثلاث. لاحظْ أنَّ منحنيات الجينات الأصليَّة (إلى اليمين من الشكل) مُتداخلةٌ ولا تُمَثِّلُ أنماطًا واضحة، وأمَّا العناقيدُ فكُلُّ عُنقودٍ لَهُ نَمَطٌ واضحٌ في كُلِّ مصفوفة مِنَ المصفوفات (إلى اليسار مِنَ الشَّكل).

هذه الجينات المجهولة هيَ في مُواجَهَة الصَّدمَة الحراريَّة أيضًا، فهذه نَتيجةٌ لَمْ تَكُنْ بالضَّرورة نَتيجةَ تَجربة صُمِّمَتْ للإجابَة عن السُّؤال المحدَّد "ما هي الجينات المساهمَةُ في مُواجَهَة الصَّدمَة الحراريَّة"، بل هيَ نتيجةٌ قادَتنا إليها البياناتُ حين حَلَّلناها تَحليلًا غيرَ مَشروط أو مُقَيَّد.

تَحليلُ مَجموعات من البيانات مَعًا

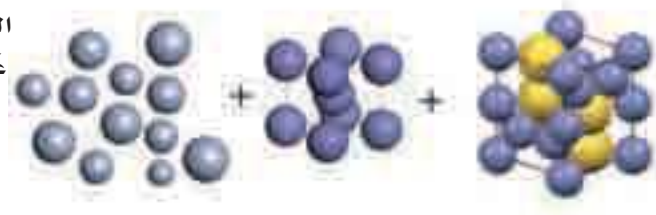
البياناتُ الموجودةُ كثيرةٌ، وكما أسلَفنا فإنَّ العَديدَ منها يُعالِجُ جُزئيَّات تَنتَمي في الحَقيقَة إلى موضوع حَيَويٍّ واحد، فهَلَّا حَلَّلنا هذه المجموعات مِنَ البيانات مَعًا للحُصول على نتيجَة كُلِّيَّة منها جميعًا؟ إذا فَعلْنا ذلك فإنَّ ثقَتَنا بالنَّتائج تَكونُ أكبَرَ؛ لأنَّ ذلك يَتَغَلَّبُ على المشكلات المعروفَة في البيانات الكَبيرَة كضياع بَعض أجزائها أو اختلاطها بأنواع مِنَ ضَوضاء البيانات (data noise) التي تُضعفُ الثِّقَةَ بمُطلَقيَّة دقَّة قراءاتها، ومن ثم فإنَّ تَحليلَ عَدَد مِنَ المصفوفات مَعًا يَضمَنُ أنَّهُ إذا أضاعَتْ إحدى مصفوفات البيانات شَيئًا فإنَّ غيرَها مِنَ المصفوفات تَملأُ الفَراغ، وإذا أثَّرَت الضَّوضاء على مَصفوفَة فإنَّ غيرَها تَجبُرُ الخَلَل، وبهذا فإنَّنا لا نُساهِمُ بتَسريع عَمليَّة استخراج المعلومات المكنونَة في البيانات فحَسْب، بَلْ ونَرفَعُ مِنْ مَوثوقيَّة النَّتائج ودقَّتها.

طُرُق حسابيَّة جديدة

يَحتاجُ تَطبيقُ ذلكَ الطُّموح إلى جيل جديد مِنَ الطُّرُق الحسابيَّة القادرَة على التَّعاطي في وَقتٍ واحد مَعَ العَديد من مصفوفات البيانات الكَبيرَة غير المتجانسَة (heterogeneous)، أي المختَلفَة في تَفاصيلها وأحجامها والتِّقنيَّات المنتجَة

مَنهَجيَّةُ الانقياد بالبيانات تعتمد على زيارة بيانات كبيرَة واستثارتها حَتى تُخرِجَ ما فيها مِنْ مَعلومات رُبَّما كانَ منها ما هُوَ جَديدٌ لم يَعرِفْهُ الإنسانُ قبلًا

خوارزميَّات تجميع البيانات تعمَل على تقسيم مَجموعَة منَ العناصِر إلى عَدَد منَ العناقيد بحيثُ تَكونُ العناصِرُ المنتَميَةُ إلى نَفسِ العُنقودِ مُتشابِهَةً فيما بينَها ومُختلِفَةً عَنْ العناصِرِ المنتَميَةِ إلى العَناقيدِ الأُخرى



طَبَّق الباحث سلسلَة منَ الخوارزميَّات في مجالات مُتنوِّعَة مع تحليل العَشرات منَ المصفوفات للوصول لنتائجَ ذات أهمِّيَّة في عُلوم الطِّبِّ أو الأحياء أو النَّبات

لها ونسَب الضَّوضاء فيها والظُّروف الحَيَويَّة التي رافَقَتْ إنتاجَها. وحاليا، قليلَةٌ هيَ الطُرُقُ الحسابيَّةُ القادرَةُ على ذلك، لا سيَّما تلكَ التي تَصلُحُ ضِمنَ منهجيَّة الانقياد بالبيانات. وللتَّغلُّب على هذا العَجز، طَوَّرتُ بالتعاوُن مَعَ عَدَد منَ الباحثينَ عبرَ السَّنوات الخمس الأخيرة سلسلَةً منَ الخوارزميَّات المتتابعَة التي تَتَناوَلُ مجموعَةً منْ مصفوفات البيانات الكَبيرَة، فَتَبدأُ بتَنقيَتها منَ الشوائب وتَحويلها إلى مجالات معياريَّة مُوَحَّدَة يُمكنُ ضِمنَها تَحليلُها مَعًا بشكل مُقارن، ثُمَّ تُعَرَّضُ البياناتُ إلى العَنقَدَة مَرَّات عَديدَة لتُنتِجَ أعدادًا كَبيرَةً منَ العَناقيد التي يَتَمُّ اختيارُ أكثرِها كَفاءَة، وأخيرًا فإنَّ خوارزميَّةً أخرى تصقلُ تلكَ العناقيدَ بإزالَة عَناصرها التي كانَ يَنبغي ألا تكونَ فيها وبإضافَة ما أخطَأتهُ إليها مِمَّا كانَ يَنبَغي أنْ يكونَ فيها.

تَطبيقاتٌ طِبِّيَّةٌ وحَيَويَّةٌ ونباتيَّة

طَبَّقنا تلكَ السِّلسلَةَ منَ الخوارزميَّات في مجالات مُتنوِّعَة شملَتْ البَكتيريا، والخميرَةَ، وسَرطانَ الثَّدي، وعمليَّات إنتاج كُريات الدَّم الحَمراء في الإنسان، ونَشاطَ الدِّماغ تحتَ تأثير عَوامل نَفسيَّة مختلفَة، ومراحلَ تَفعيل البناء الضَّوئيِّ في بَعض المحاصيل المهمَّة كالأرُزِّ والذُّرة. وفي كُلِّ تَطبيق كانت تُحَلَّلُ مجموعَةٌ – رُبَّما وصلَتْ إلى العَشرات – منَ المصفوفات الكَبيرَة المتعلِّقَة بمَوضوع التَّطبيق للتوصل لنتائجَ ذات أهمِّيَّة في عُلوم الطِّبِّ أو الأحياء أو النَّبات.

فمَثلًا، حَلَّلنا في تَطبيق لَمْ يُنشَرْ بَعدُ 16 مصفوفَةَ تَعبير جينيٍّ لخُطوط خَلويَّة صناعيَّة منْ سَرطان الثَّدي، وستَّ مَصفوفات تَعبير جينيٍّ لأورام حَقيقيَّة منْ ذلك السَّرطان، فكانَت النَّتيجَةُ اكتشافَ عُنقودين (مَجموعَتين) منَ الجينات، لكنَّ الأهَمَّ أنَّ تَصَرُّفَ العُنقودين غريبٌ ولافت، فنَشاطُ العُنقودين مُتعاكسٌ في الخُطوط الخلويَّة الصِّناعيَّة في حين أنه يَتماثَلُ في الأورام السَّرطانيَّة الحَقيقيَّة، والملاحَظَةُ الأجدرُ بالاهتمام أنَّ مَرضى سَرطان الثَّدي الذينَ لوحِظَ عندَهُمُ ارتفاعُ نَشاط العُنقودين مَعًا كانُوا أسوأَ حالًا وأسرَعَ إلى الوفاة، فصارَ ارتفاعُ نَشاط العُنقودين معًا بَصمَةً جينيَّةً دالَّةً على سُوء حال المريض، أمَّا لَوْ اكتَشَفنا هُويَّةَ المفاتيح الجينيَّة التي تُحَفِّزُ نَشاطَ ذَينكَ العُنقودين، فإنَّ آفاقًا جَديدَةً سَتَفتَحُ لتَطوير علاج لهذا المرض المستعصي.

وخُلاصَةُ القَول إنَّ هذا التَّعاظُمَ المتَسارعَ في حَجم البيانات الحيويَّة الكَبيرَة لا بُدَّ أنْ يُواجَهَ لا بإبطائه بَلْ بتَسارُع مُماثل في تَحليل البيانات الكَبيرَة واستخراج فَوائدها، فبالتَّوازي مَعَ جُهد عُلماء الأحياء الذين يُنتجونَ بيانات كَبيرَةً للإجابَة عَن أسئلَة بَحثيَّة مُعَيَّنة، يَجب عَلى خُبراء هندسَة المعلومات والمعلوماتيَّة الحيويَّة تَطويرُ جيل جَديد منَ الخوارزميَّات القادرَة عَلى تَحليل كَمِّيات أكبرَ منَ البيانات واستثارَتها لتُخرجَ ما فيها منْ مَعلومات، وقَدْ أثبَتْنا جَدوى هذه الطَّريقَة حيثُ أنتَجْنا سلسلَةً منَ الخوارزميَّات التي تُحَقِّقُ ذلك وطَبَّقناها عَلى مجالات مُختلفَة منَ البَكتيريا إلى الإنسان لنَصل إلى اكتشافات علميَّة مهمَّة. ومَعَ ذلك، فإنَّ المجالَ مفتوحٌ والحاجَةَ مُلحَّةٌ لتطوير المزيد منَ تلكَ الخوارزميَّات، واستعمالها في شَتَّى التَّطبيقات، لتَسريع استخراج المزيد منَ الاكتشافات.■

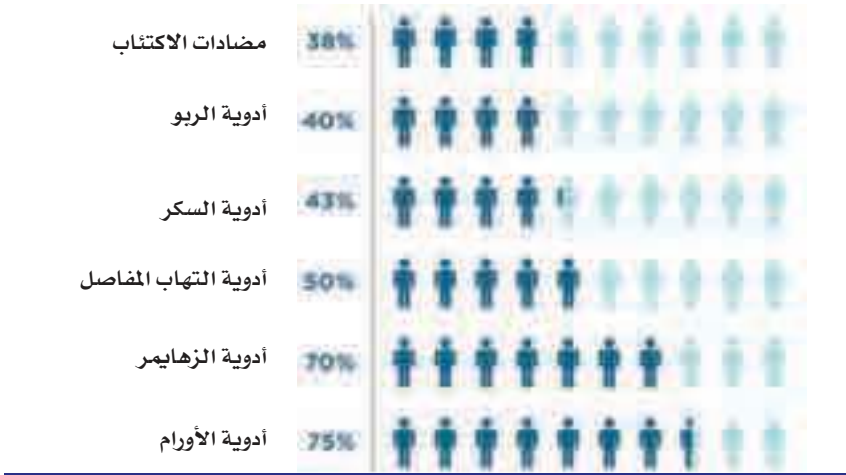
المعلوماتية الحيوية..
آفاق واعدة في تشخيص الأمراض

د . آمال محمود *

تؤدي المعلوماتية الحيوية دورا مهما في مجال تشخيص وعلاج أمراض الإنسان، ويطلق على المعلوماتية الحيوية المستخدمة في مجال الطب «المعلوماتية الحيوية الطبية». ساهم التطور الهائل في معرفة وتحليل تتابعات الجينوم سواء للإنسان أو لسلالات الممرض المختلفة عن طريق أدوات المعلوماتية الحيوية في تطوير طرق تشخيص الأمراض، وانتاج وتطوير الأدوية والتنبؤ بالأمراض المتوقع حدوثها، وانتاج اللقاحات الفعالة.

* قسم الأحياء، كلية العلوم، جامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل، (السعودية)،
وقسم المعلوماتية الحيوية ، جامعة مدينة السادات، (مصر).

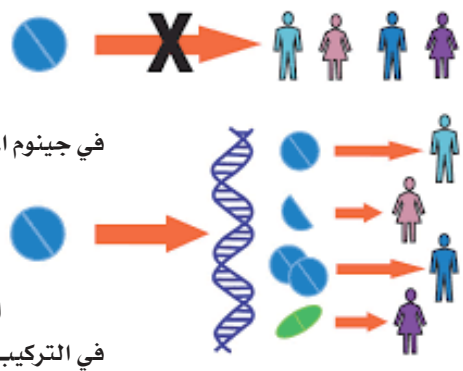
أدى استخدام المعلوماتية الحيوية في دراسة وتحليل الجينوم البشري إلى تقدم هائل في فهم العلاقة بين المريض والاستجابة للعلاج



تفاوت درجة استجابة المرضى للأدوية نتيجة الاختلافات الجينية على مستوى جينوم المريض

طفرات وسلالات

يؤدي ظهور طفرات أو تغيرات باستمرار في الجينوم الخاص بالممرض إلى ظهور أشكال أو سلالات مختلفة لنفس الممرض، ومثال ذلك فيروس الالتهاب الكبدي الوبائي C . وهذا التغير في جينوم الممرض يؤدي إلى تفاوت في درجة استجابة المريض للعلاج. وأصبح من الصعب الاعتماد على اللقاحات التقليدية بمرور الزمن خلال المواسم المختلفة بسبب هذا التغير في التركيب الجيني للممرض. ومن هنا كان الدور المهم للمعلوماتية الحيوية في التفرقة بين السلالات المختلفة لنفس الممرض، ومن ثمّ تطوير وسيلة التشخيص المناسبة للسلالات المتنوعة، وتحديد جرعات العلاج حسب السلالة، وإنتاج لقاحات تستطيع الحماية ضد أي سلالة متوقعة منها.



في مرض التهاب الكبد الوبائيC يوجد العديد من الطرز الجينية للفيروس المسبب له. والتعرف على الطرز الجينية وتتبع اي تغير أو طفرة في الفيروس من خلال استخدام المعلوماتية الحيوية يساعد على تحديد نوع العلاج.

بحث جديد عن الكبد

من خلال بحث أجريناه في مصر استطعنا التفريق بين الطرز الجينية المختلفة لالتهاب الكبد الوبائي C ، وتحديد طفرة في الفيروس تؤثر في التركيب الثانوي لمنطقة ما في جينوم الفيروس، ومن ثم يمكنها أن تؤثر على فاعلية الفيروس. ووجدنا أن هناك ارتباطا بين هذه الطفرة والاستجابة للعلاج، ومن ثمَّ يمكن الربط بين وجود هذه الطفرة ومدى نجاح العلاج الدوائي. ومن هنا يمكننا استخدامها في تحديد العلاج المناسب للطرز الجينية الفيروسية.

يستطيع مرض التهاب الكبد الوبائي C، مثله مثل أمراض أخرى كنقص المناعة ، التأقلم وتغيير الجينوم الخاص به، وهذا التغير في تركيب جينوم الفيروس يؤدي إلى عدم استمرار فاعلية الأدوية المستخدمة للعلاج. وبالاستعانة بأدوات المعلوماتية الحيوية، تمكن العلماء من تحليل التغيرات التي تحدث في الفيروس على مستوى تتابعات جينوم الفيروس وعلى مستوى التركيب الثلاثي الأبعاد لبروتينات الفيروس. وهذه الطفرات قد يكون لها تأثير في زيادة فاعلية الفيروس ومقاومته للأدوية المستخدمة، ومن ثم عدم فاعلية تلك الأدوية أو انخفاض درجة استجابة المريض للعلاج. مثال ذلك أن أحد الأدوية (telaprevir VX-950) يثبط أحد بروتينات التهاب الكبد الوبائي (NS3-4A) ، وهذا البروتين مسؤول عن التكاثر في الفيروس، إلا أن الفيروس يستطيع إحداث

فيروس التهاب الكبد الوبائي C: توزيع الأنماط الجينية وتحت الجينية التابعة لها على مستوى العالم

طفرات على مستوى التتابع والتركيب تقلل من فاعلية الدواء.

تطورات في فهم العلاجات

وأدى استخدام المعلوماتية الحيوية في دراسة وتحليل الجينوم البشري إلى تقدم هائل في فهم العلاقة بين المريض والاستجابة للعلاج، إذ يوجد تباين في درجة استجابة المرضى للعلاج بسبب اختلافات في الجينوم الخاص بهم. ومن خلال التعرف على هذه الاختلافات على مستوى الجينوم البشري باستخدام طرق المعلوماتية الحيوية، وبخاصة مع التقدم الهائل في تقنيات قراءة تتابع الجينوم البشري، فإن الطبيب لم يعد بحاجة لتجربة وتغيير أكثر من دواء للمريض للتوصل للعلاج المناسب. أما باستخدام نتائج تحليل الجينوم للمريض فيمكن للطبيب وصف الدواء والجرعة المناسبة منذ البداية. كما أدى تحليل تتابعات الجينوم البشري إلى الربط بين وجود طفرات/تغيرات في الجينوم والتنبؤ باحتمالات الإصابة المتوقعة بالأمراض.

من المعروف أن اللقاحات تستخدم للوقاية من الأمراض، لكن من مشكلات إنتاج اللقاح التغير المستمر في تركيب سلالات المرض، بحيث يؤدي ظهور أي طفرة في المرض إلى عدم تعرف اللقاح على هذه السلالة من المرض، ومن ثمَّ لا يتأثر المرض باللقاح المستخدم. باستخدام المعلوماتية الحيوية يمكن رصد أمكنة التباين في تركيب جينوم المرض، ومن ثمَّ نستطيع فهم الكائن المرض بصورة أكبر، ويصبح لدينا القدرة على اختيار اللقاح من مناطق على الجينوم تتميز بالثبات وعدم وجود طفرات فيها، كما يمكننا استخدام لقاحات تمثل مناطق على الجينوم متشابهة لكل سلالات المرض، وبذلك يمكن استخدام لقاح واحد لفترات طويلة لمقاومة أي سلالات متوقعة من المرض، وبذا يمكن مقاومة المرض والسلالات المحتمل وصولها في أي وقت.

تمكن فريقنا البحثي من إنتاج لقاح لطفيل الليشمانيا بمصر، حيث اختير هذا اللقاح من أكثر من جين لجينوم الطفيل، وأثبت اللقاح كفاءته عند اختباره في الفئران بعد فحص الأنسجة المختلفة عقب استخدام اللقاح.

تعتبر لقاحات فيروس الأنفلونزا المتاحة متخصصة للسلالة الموجودة من الفيروس، ومن ثمَّ فإن ظهور أي سلالة جديدة مخالفة لسلالة اللقاح لن يكون فعالا معها، لذا تم إنتاج لقاح ذي مجال واسع يشمل مناطق ثابتة غير متباينة في جينوم الفيروس، إذ إن هذه المناطق عامة لكل سلالات فيروس الأنفلونزا، ومن ثم فإن هذه اللقاحات ستكون فعالة ضد أي سلالة جديدة محتملة.■

إنتاج اللقاحات باستخدام أدوات المعلوماتية الحيوية

في مرض التهاب الكبد الوبائي C يوجد طرز جينية عديدة للفيروس المسبب له والتعرف عليها من خلال استخدام المعلوماتية الحيوية يساعد على تحديد العلاج المناسب

المعلوماتية الحيوية والمتسلسلات العالية الإنتاجية

د. منذر الحمدوش *

إن فهم ما يجري داخل الخلايا يعتمد بصورة أساسية على محتوى الخلية من الأحماض النووية والأحماض النووية الريبية والبروتينات، لذلك سعى الباحثون في علم الأحياء الجزيئي خلال العقود الثلاثة الماضية إلى تطوير العديد من الطرق التي تمكنهم من تحديد سلاسل الأحماض النووية داخل الخلايا، وهنا نقصد ترتيب النيكليوتيدات في كامل الجينوم أو في جزء من الجينوم أو في الحمض النووي الريبي كاملا أو في جزء منه. بمعنى آخر تهدف هذه التقنيات إلى استخلاص جزيء الحمض النووي من داخل النواة وعزله، ومن ثم إعادته إلى شكله الخطي وأخيراً تحديد ترتيب النيكليوتيدات في كامل

* باحث فخري في جامعة ملبورن، وباحث في شركة CSL الدولية للصناعات الدوائية الحيوية، (أستراليا)

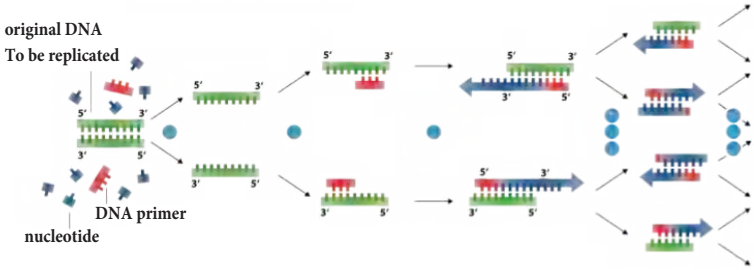
في معظم تقنيات التسلسل المطورة يتم استخدام تفاعل البلمرة التتابعي PCR لنسخ سلاسل الحمض النووي الحيوية ومضاعفتها آلاف المرات بحيث يمكن التعامل معها، وهذا التفاعل يستفيد من خاصية السلسلة المزدوجة للحموض الأمينية (الشكل 1)، إذ إن كل سلسلة حمض نووي يرتبط بها سلسلة مكملة (النيكليوتيد A يقابله دائماً T و C يقابله دائماً G) وللسلسلتين اتجاهان متعاكسان من حيث طريقة ارتباط النيكليوتيدات بعضها ببعض.

إن متسلسلات الأحماض النووية يمكن أن تقسم إلى نوعين أساسيين: المتسلسلات المنخفضة الإنتاجية أو ما يسمى بمتسلسلات الجيل الأول، ومنها متسلسلات Sanger ومتسلسلات Gilbert والتي تعتمد بصورة أساسية على استخدام النيكليوتيدات المنقوصة الأكسجين لتوليد سلاسل جزئية من سلسلة الحمض النووي الأصلية بأطوال مختلفة، ومن ثم يتم فرز هذه السلاسل حسب طولها واستخدام ماسح ليزري لكشف النيكليوتيدات في نهايات السلاسل الجزيئية، ثم تطبيق المعلوماتية الحيوية لتوليد قراءة نصية لسلسلة الحمض النووي يفهمها الحاسوب (الشكل 2). وهذه المتسلسلات تستطيع توليد قراءة واحدة في كل تشغيل بطول بين 400 إلى 900 نيكليوتيد، وخلال 20 دقيقة إلى 3 ساعات لكنها ذات كلفة مرتفعة جداً تصل إلى 2400 دولار لكل مليون نيكليوتيد. والنوع الثاني من المتسلسلات هو المتسلسلات العالية الإنتاجية، أو ما يسمى بمتسلسلات الجيل الثاني أو المقبل NGS، التي تعتمد بصورة أساسية على تقنية التسلسل بالتركيب، إذ إنها تقوم بتقطيع جزيء الحمض النووي إلى جزيئات صغيرة بطول 500 نيكليوتيد تقريباً، ومن ثم توجد سلسلة كل مقطع على حدة عن طريق تركيب السلسلة المكملة للمقاطع (الشكل 3). هذه المتسلسلات تستطيع توليد عدد كبير جداً من القراءات في كل تشغيل قد يبلغ 400 مليون قراءة، لكن بأطوال أقصر قليلاً تراوح بين 50 و 300 نيكليوتيد. ويندرج ضمن هذا النوع متسلسلات Roche 454 و SOLiD و Illumina، وأشهرها في الوقت الحالي هي متسلسلات Illumina لكن معداتها ذات كلفة عالية. كلا الجيلين من المتسلسلات وصل إلى دقة تتجاوز 99% في سلسلة الأحماض النووية بتكلفة تبلغ أقل من 15 سنتاً لقراءة كل مليون نيكليوتيد وبزمن تشغيلي يراوح بين 24 ساعة و 10 أيام متواصلة. إن المتسلسلات العالية الإنتاجية تعتمد على التقاط صور متتابعة للألوان المختلفة التي تصدرها التفاعلات الكيميائية أثناء عملية التسلسل، وهذا يحتاج إلى حاسوب فائق حتى يعالج هذه الصور.

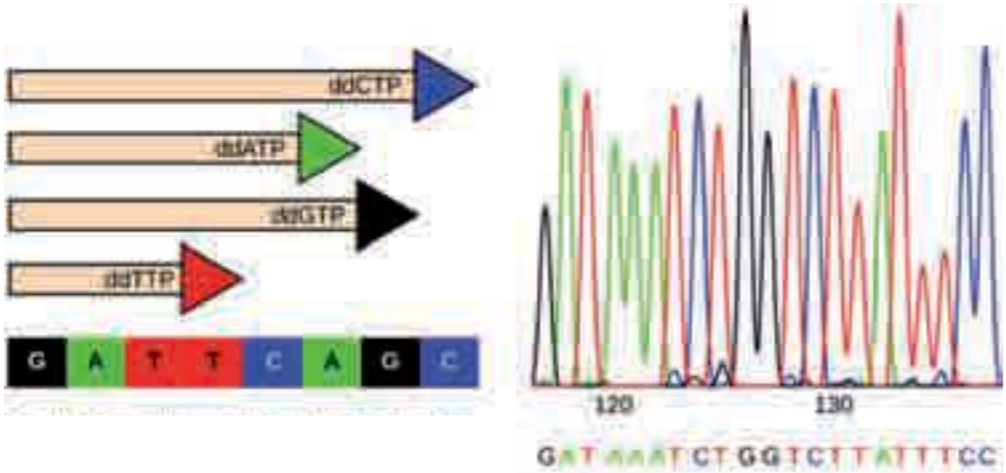
إن متسلسلات الجيل الثاني فتحت الباب أمام تطبيقات كثيرة في المجالات الطبية الحيوية، وساهمت في قفزات نوعية فيها.

الجزيء أو في جزء منه فقط وهذه العملية تبدو بسيطة من حيث الشرح لكنها معقدة جداً من حيث التطبيق؛ فنحن نتعامل هنا مع جزيئات بحجم النانومتر، والحمض النووي له خواص فيزيائية وكيميائية تجعله حساساً لدرجة الحرارة والعديد من العوامل الأخرى.

تقسم متسلسلات الأحماض النووية إلى نوعين أساسيين: المتسلسلات المنخفضة الإنتاجية أو ما يسمى بمتسلسلات الجيل الأول والمتسلسلات العالية الإنتاجية أو ما يسمى بمتسلسلات الجيل الثاني أو المقبل



الشكل1 - تفاعل البلمرة التتابعي PCR



الشكل 2 - مبدأ عمل متسلسلة Sanger

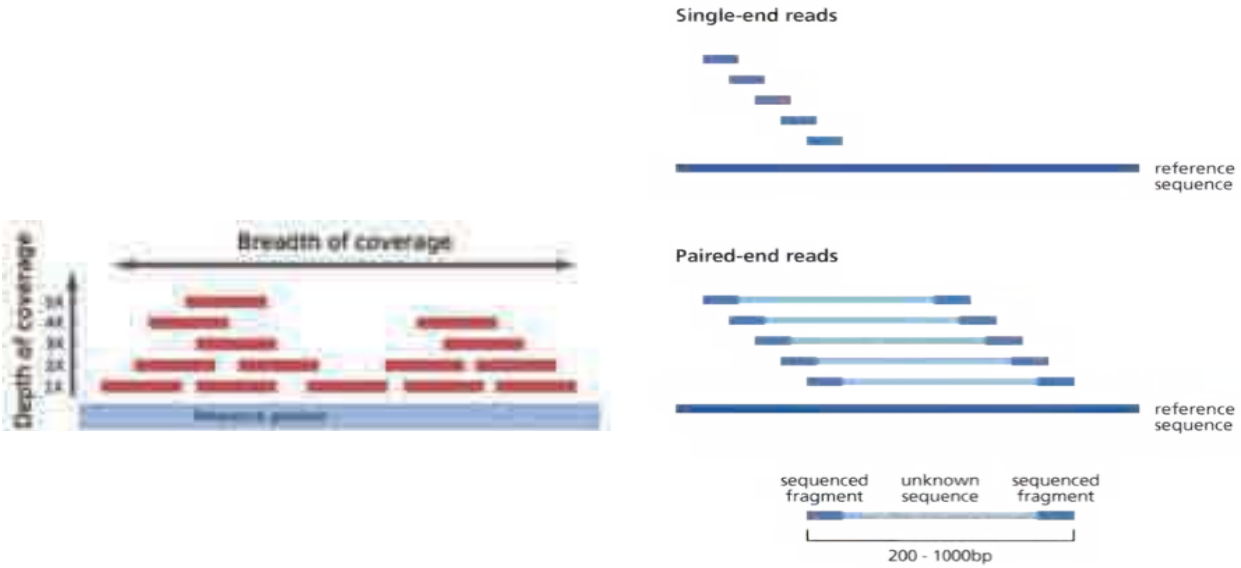
توليد البيانات في المتسلسلات العالية الإنتاجية

تؤدي المعلوماتية الحيوية دوراً مهماً في تطبيقات المتسلسلات العالية الإنتاجية؛ فهذه التقنيات الحديثة تولد بيانات هائلة تحتاج إلى مهارات معلوماتية ورياضية كبيرة للتعامل معها، وإلى حواسيب فائقة. لكن، أين يكمن التحدي في تحليل بيانات المتسلسلات العالية الإنتاجية؟ حتى نجيب عن هذا السؤال نحتاج إلى فهم طبيعة هذه البيانات، وسنستخدم الجينوم البشري ومتسلسلات Illumina للتوضيح، إذ إن جميع ما سيذكر لاحقاً يمكن أن يطبق على الحيوان والنبات والبكتريا على حد سواء.

يظهر (الشكل 3) أن المتسلسلات العالية الإنتاجية تقرأ مقاطع الحمض النووي التي يراوح طولها عادة بين 200 و1000 نيكليوتيد، لكن هذه المتسلسلات لا تستطيع قراءة أكثر من 300 نيكليوتيد بصورة متواصلة، لذلك يوجد لدينا نوعان من القراءات (كما هو موضح في الشكل 4)، هما: القراءات الأحادية الطرف، حيث يتم قراءة أول 50 - 300 نيكليوتيد من مقاطع الحمض النووي ومن جهة واحدة فقط، أما النوع الثاني فهو القراءات الثنائية الطرف، حيث يتم قراءة أول 50 - 300 نيكليوتيد من طرفي مقاطع الحمض النووي، بحيث يمثل كل مقطع بزوج من القراءات. ولكل نوع من القراءتين تطبيقات خاصة به. إذا علمنا أن لكل عينة عادة ما يتم سلسلة ما بين 25 مليون مقطع من الحمض النووي (وهذا ينتج قرابة 3 غيغابايت من البيانات) إلى 750 مليون مقطع (وهذا ينتج قرابة 500 غيغابايت من البيانات)، حيث يتم تمرير العينة نفسها على المتسلسلة أكثر من مرة، فإنه إذا أجرينا تجربة تحوي 100 عينة فإننا نتوقع كميات هائلة من البيانات قد تبلغ 100 تيرابايت للتجربة الواحدة.

وكما نلاحظ في (الشكل 3) فإننا عندما نقرأ عددا كافيا من المقاطع، فإن القراءت

الشكل 3 - مبدأ عمل المتسلسلات العالية الإنتاجية من الجيل الثاني (القادم)



الشكل 4 – القراءات الأحادية الطرف والقراءات الثنائية الطرف

ستكون متداخلة إلى حد كبير، ومن ثمّ ، باستخدام خوارزميات المعلوماتية الحيوية هذه يمكننا إعادة بناء سلسلة الحمض النووي الأصلية كاملة كما لو أننا قرأنا الحمض النووي دون تقطيعه. عادة عندما نصمم تجربة تسلسل معينة فإننا نأخذ بعين الاعتبار حجم الجينوم المرجعي (إذا كان معروفاً) الذي نقوم بسَلسلته وطول القراءات وعمق التسلسل أو ما يسمى بالتغطية التي نريد أن نحققها للجينوم، مثلا إذا كان حجم الجينوم 3.3 بليون نيكليوتيد ونريد سَلسلته بتغطية 50 ضعفا وبطول قراءات 100 نيكليوتيد أحادية الطرف، فإننا نحتاج إلى توليد قرابة بليون ونصف قراءة وبحجم يبلغ قرابة 400 غيغابايت. في بعض التجارب قد نحتاج إلى تغطية تتجاوز ال 100 ضعف للجينوم وخصوصاً إذا كان الجينوم المرجعي غير معروف.

تطبيقات المتسلسلات العالية الإنتاجية

إن المتسلسلات العالية الإنتاجية وتطور خوارزميات المعلوماتية الحيوية مكن العلماء من تصميم تجارب تسلسل لدراسة العديد من جوانب الحمض النووي والحمض النووي الريبي، إضافة إلى دراسة جهاز المناعة وفهم بنية الصبغيات الثلاثية البعد، وكيفية تفاعل البروتينات مع الحمض النووي لأداء وظائف الخلايا الطبيعية، أو الكيفية التي تؤدي بها إلى العديد من الأمراض المعقدة كأمراض السرطان. ومن هذه التطبيقات:

سلسلة كامل الحمض النووي (الجينوم) WGS

إن سلسلة كامل الحمض النووي تؤدي دوراً مهما في دراسة الأمراض المعقدة كأمراض السرطان، لأنها تساعد على اكتشاف الطفرات الجينية التي تؤدي إلى حدوث الأمراض في شخص أو شريحة معينة من المجتمع. ولكي ندرك أهمية ذلك يكفي أن نعرف أن سلاسل الحمض النووي بين البشر – على سبيل المثال – تتشابه بنسبة 99 % تقريباً، وهناك فقط 1 % من النيكليوتيدات (قرابة 4 – 5 ملايين) تختلف من إنسان إلى آخر، ومن ثمّ فإن إعادة سَلسلة كامل الحمض النووي تساعد على اكتشاف هذه الاختلافات (تسمى متغيرات جينومية) بين الأفراد، والتي تؤدي دوراً مهماً في تحديد أنواع السرطانات واستجابة المرضى للأدوية المتوفرة، وسَلسلة كامل الحمض النووي تساعد أيضاً على تحديد عدد نسخ الصبغيات أو عدد نسخ أجزائها

المتسلسلات العالية الإنتاجية تستطيع توليد عدد كبير جداً من القراءات في كل تشغيل قد يبلغ 400 مليون قراءة و بأطوال تراوح بين 50 و 300 نيكليوتيد

فتحت متسلسلات الجيل الثاني الباب واسعاً أمام تطبيقات كثيرة في المجالات الطبية الحيوية وساهمت في قفزات نوعية فيها

الوظيفية (الجينات) الموجودة في الخلايا، ففي الخلايا السليمه يوجد نسختان لكل صبغي ، أما في الخلايا السرطانية فهذا العدد قد يتغير ، كما أن بعض الصبغيات قد تندمج مع بعضها لتشكل صبغيات جديدة كلياً. وهذه التغيرات في بنية الصبغيات لا يتم كشفها إلا بسَلسلة الحمض النووي كاملاً، وعادة باستخدام القراءات الثنائية الطرف. كما أن سَلسلة كامل الحمض النووي تؤدي دوراً مهماً في بناء سلاسل جينومات جديدة، فمثلا تم بناء الجينوم لبضعة آلاف من الكائنات الحية حتى الآن. وبحلول عام 2025 يقدر أن يصل هذا العدد إلى مليون جينوم، وخصوصاً مع انخفاض كلفة عمليات التسلسل في السنوات الأخيرة.

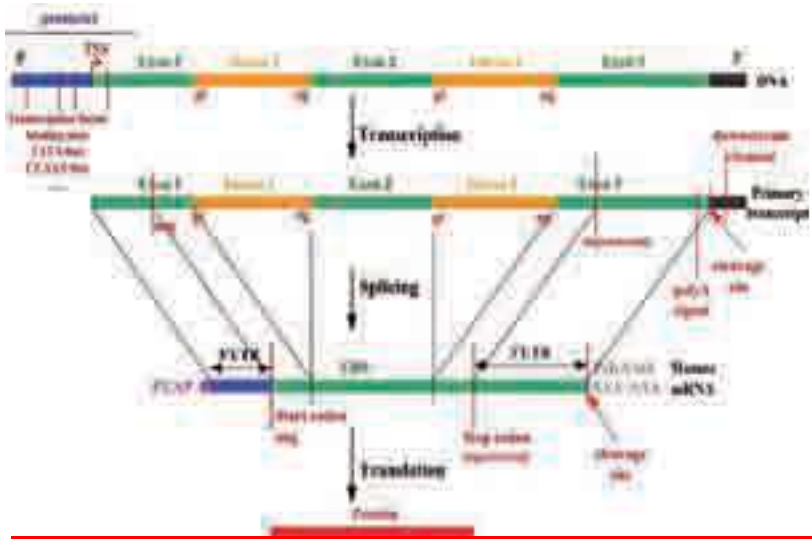
إن العديد من خوارزميات المعلوماتية الحيوية تستخدم لتحليل كميات هائلة من القراءات الناتجة عن سَلسلة كامل الحمض النووي، كما يتم استخدام خوارزميات البحث عن المتغيرات الجينومية لإيجاد المتغيرات الجينومية مقارنة بالجينوم المرجعي، ويتم استخدام خوارزميات البحث عن تغيرات بنية الصبغيات للكشف عن تغير عدد الصبغيات أو أجزاء منها، وأخيراً يتم استخدام خوارزميات بناء الجينوم عن طريق دمج القراءات القصيرة بناء على نظرية المخططات الشهيرة في علوم الحاسوب. وبعض هذه الخوارزميات قد تستغرق أياماً أو أسابيع لكل تعالج عينة واحدة فقط، وذلك باستخدام حاسوب فائق.

سَلسلة كامل الحمض النووي الريبي

من المعروف أن سلاسل الحمض النووي تكون موجودة نفسها تماماً في جميع خلايا الكائن الحي، ولكن جزءا من سلاسل الصبغيات (نسميها الجينات وتشكل فقط 1.5% من كامل الجينوم) يتم نسخها باستخدام بعض البروتينات لتشكل سلاسل الحمض النووي الريبي RNA التي ستنتج لاحقاً البروتينات التي ستؤدي وظائف الخلايا. هذا المحتوى الريبي يتغير من لحظة إلى أخرى ومن خلية إلى أخرى ومن عضو إلى آخر في الجسم، ومن ثمَّ ، فإن من المهم جداً دراسة الحمض النووي الريبي لفهم كيفية تطور الأمراض ومدى استجابة الجسم للعلاجات التي نقدمها. إن تقنيات سلسلة الحمض النووي الريبي تقوم على استخراج جزيئات الحمض النووي الريبي في لحظة معينة، ومن ثم تقطيعها إلى مقاطع قصيرة وأخيراً سَلسلتها باستخدام المتسلسلات العالية الإنتاجية، وهذا ينتج قراءات تغطي مناطق الجينات فقط وليس كامل الجينوم كما في التطبيق السابق. وحتى ندرك أهمية هذه التقنيات يجب أن نعرف أن الجينات لايتم نسخها كما هي بشكل كامل، وإنما يتم نسخ أجزاء معينة منها فقط ندعوها الإكسونات exons . وأثناء عملية النسخ قد يتم حذف بعض هذه الإكسونات ، كما قد يحدث أخطاء عند دمج الإكسونات مع بعضها لتشكل الحمض النووي الريبي. وهذا أحد مسببات الأمراض كما تم اكتشافه حديثا (الشكل 5) .

إن العديد من طرق المعلوماتية الحيوية تستخدم هنا لرصف القراءات بالنسبة للجينوم المرجعي، ومن ثم يتم حساب مستويات نسخ جميع الجينات الملاحظة في العينة المدروسة وتحديد الجينات التي تنسخ بنسب متفاوتة بين عدد من العينات وضمن شروط مختلفة. فعلى سبيل المثال تمكننا هذه الخوارزميات من معرفة الجينات التي يتم نسخها بصورة متكررة جداً في عينات لأشخاص مصابين بمرض الربو مقارنة بعينات سليمة، وهذا يمكن أن يستخدم لاحقاً لتشخيص مرضى الربو ومعرفة مستوى تقدم المرض. وحديثا تم تطوير خوارزميات تعيد بناء الحمض النووي الريبي المنسوخ لاكتشاف أي إجراء غير طبيعي قد يحدث أثناء عملية النسخ.

أسهمت المتسلسلات العالية الإنتاجية في دراسة جهاز المناعة وفهم بنية الصبغيات الثلاثية البعد و الكيفية التي تحصل بها أمراض معقدة كالسرطان



الشكل 5 - آلية نسخ الجينات وتحولها إلى الحمض النووي الريبي

سَلسلة الحمض النووي والتفاعل مع البروتينات ChipSeq

من التطبيقات المهمة جداً للمتسلسلات العالية الإنتاجية هي إمكانية تحديد نقاط تفاعل بروتين معين مع الحمض النووي على مستوى الجينوم كاملاً، إذ إن هناك بروتينات معينة تدعى عوامل النسخ تؤدي دوراً مهماً في تحديد الجين الذي سيتم نسخه في الخلية ضمن شروط معينة أو في عضو معين. وهذه البروتينات نفسها تحدد مستويات النسخ وأي جين معين سيتم نسخه بكثرة أو بنسبة قليلة، وهذا ينعكس على أداء الخلايا، ومن ثمَّ الأعضاء. وينتج عن ذلك قراءات تتطابق مع مواقع التفاعل مع البروتين، ونسميها قمما Peaks.

تقوم خوارزميات المعلوماتية الحيوية برصف هذه القراءات بالنسبة للجينوم المرجعي وتحديد المناطق الجينومية التي يرتبط بها البروتين المدروس، ومن ثمَّ تحديد سلسلة النيوكليوتيدات التي يرتبط بها هذا البروتين وتعريف ما يسمى بنموذج الارتباط binding motif، كما أن هذه الخوارزميات تمكننا من دراسة الفروق بين شروط مختلفة. ومن التطبيقات المهمة لهذه الخوارزميات أنها تمكننا من بناء الشبكات التنظيمية للجينات لحالة حيوية أو طبية معينة، وهذه الشبكات تظهر الكيفية التي تتفاعل بها الجينات المختلفة والبروتينات مع بعضها لتحقيق وظيفة معينة أو لتؤدي إلى حالة مرضية معينة.

سَلسلة جزء معين من الحمض النووي

إن توليد قراءات للحموض النووية على مستوى الجينوم كاملاً ليس بالشيء المرغوب دائماً؛ نظراً للكلفة العالية وكمية البيانات الضخمة التي يتم توليدها من هذه التجارب، لذلك تم تطوير عدة تجارب لسلسلة جزء معين من الحمض النووي، على سبيل المثال يمكن سلسلة جين معين أو منطقة وظيفية معينة نشتبه في دورها في حالة حيوية معينة.

سَلسلة المخزون المناعي

حظي الجهاز المناعي بنصيب جيد من تطبيقات المتسلسلات العالية الإنتاجية، فكما هو معروف فإن أجسام الكائنات الحية تحوي عددا كبيرا جداً من المضادات الحيوية والخلايا المناعية وبأنواع مختلفة قد تصل إلى أكثر من تريليون نوع وبنسب متفاوتة، ويتم نسخ هذه المضادات واستخدامها لاحقاً في تصنيع الأدوية أيضاً. وقد دأب العلماء في العقدين الأخيرين على إيجاد طريقة تمكنهم

هناك متسلسلة حديثة قادرة على سَلسلة قراءات بطول يصل إلى 20 ألف نيكليوتيد وتساعد العلماء على دراسة كائنات حية لم يسبق فك شيفرتها الوراثية بعد

من معرفة سلاسل الأحماض النووية التي تفرز هذه المضادات الحيوية (التي هي عبارة عن بروتينات). وبسبب عددها الكبير جداً لم تتمكن أي من تقنيات السَلسَلة الماضية من معرفة ذلك. وعند ظهور المتسلسلات العالية الإنتاجية تمكن العلماء من فرز الخلايا المناعية التي تولد المضادات الحيوية، ومن ثم سَلسلة أجزاء الحمض النووي التي تفرز المضادات الحيوية (الشكل 5) ، وهذا مكنهم من فهم آلية توليد هذا العدد الضخم من المضادات، وكيفية توليد الجسم نوعا معينا من المضادات لمكافحة مرض أو إصابة معينة، كما أن هذه التقنيات مكنت العلماء من تحديد بعض الحالات المرضية بناء على المخزون المناعي للمريض.

وهذا النوع من البيانات يحتاج إلى خوارزميات معلوماتية حيوية وطرق رياضية إحصائية خاصة لكي يتم تحليلها، فهي تتميز بأن القراءات متشابهة إلى حد ما وتختلف في مناطق معينة قصيرة من سلسلة الحمض النووي، ومن ثمّ فإن التمييز بين سلسلتي مضادين حيويين ليس بالشيء البديهي.

سَلسلة مواقع التقارب في الصبغيات Hi-C

مكنت المتسلسلات العالية الإنتاجية الباحثين حديثا من دراسة البنية الثلاثية البعد للصبغيات، إذ إن سلاسل الحمض النووي الخطية تتموضع داخل النواة بشكل مضغوط، ومن ثّم فإن تقارب بعض مناطق الحمض النووي من بعضها يؤدي دوراً مهما في علاقة الجينات بعضها ببعض، إذ يعتقد أن المواقع المتقاربة من بعضها في الفضاء الفراغي ترتبط ببعضها بعلاقة حيوية معينة كدورها في نسخ الجينات. لذا تقوم هذه التقنيات بتوليد قراءات لمواقع الحمض النووي المتقاربة مما يسمح للعلماء بإعادة بناء التموضع الفراغي للحمض النووي، وهنا تؤدي خوارزميات الرصف ونظريات علوم الحاسوب دوراً مهماً في بناء هذه البنية الفراغية.

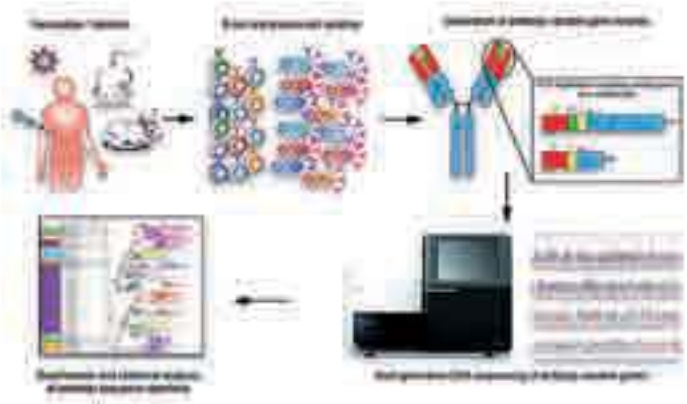
سَلسلة الحمض النووي الريبي في خلية واحدة فقط

إن معظم تجارب التسلسل التي ذكرناها آنفاً تقوم على سَلسلة عينة من نسيج معين تحوي مئات الآلاف إلى ملايين الخلايا من أنواع مختلفة، ومن ثمّ فما نشاهده في الدراسات السابقة هو ملخص لما يحدث في العينة بصورة عامة، لكن ما يحدث حقيقة هو أكثر تعقيداً، ففي النسيج الواحد يوجد مئات الأنواع من الخلايا، وعادة ما يكون هناك عشرات الأنواع التي توجد بكثرة في النسيج، ولكل نوع من هذه الخلايا خصائص حيوية معينة كمحتوى الحمض النووي الريبي والبروتينات، وحتى الحمض النووي نفسه قد يختلف بين الخلايا في بعض الأمراض، فبعض أنواع السرطانات نجد أن سببها طفرة تحدث في نوع معين فقط من الخلايا وليس في كل الخلايا. لذلك كان هناك حاجة لتطوير تقنيات تمكننا من سَلسلة خلية واحدة في كل مرة بدلاً من تجمع خلايا كما اعتدنا أن نفعل في السابق. ومن التطبيقات المهمة لهذه التقنيات هي دراسة الأحياء المجهرية أو ما يسمى بالمايكروبيوم التي توجد وتتعايش معنا مثلا على سطح الجلد أو في أمعائنا، وهي دقيقة جداً وتوجد بالآلاف وبأنواع عديدة جداً. وفي السنتين الأخيرتين تم تطوير العديد من الخوارزميات للتعامل مع القراءات الناتجة عن هذه التقنيات، إذ إن لهذه البيانات خصائص مختلفة جداً عن سابقاتها، فمثلاً في الخلية الواحدة لا يتم في الوقت نفسه نسخ أكثر من 2000 - 3000 جين من أصل 25000 ألف جين، وبنسب نسخ متفاوتة، ومن ثمّ ستحوي البيانات الناتجة عددا كبيرا جداً من الأصفار.

مستقبل المتسلسلات

إن المتسلسلات العالية الإنتاجية ذات القراءات القصيرة أثبتت فعالية كبيرة، وساهمت في نهضة علمية في المجالات الطبية والحيوية، لكن هذه التقنيات لا تزال تعاني مشكلات عديدة وخصوصاً عندما يتعلق الأمر بإعادة بناء سلسلة الحمض النووي دون وجود جينوم مرجعي، فهذا ذو كلفة مادية كبيرة جداً، لذلك كان لابد من تطوير تقنيات جديدة قادرة على توليد قراءات طويلة جداً تصل إلى بضعة آلاف من النيكليوتيدات و بإنتاجية عالية، لذلك عملت عدة شركات في هذا المجال ، من أشهرها شركة Pacific Biosc- ences التي طورت متسلسلة قادرة على سَلسلة قراءات بطول يصل إلى 20 ألف نيكليوتيد، وبحيث يتم استخدام نفس مادة الحمض النووي أكثر من مرة على خلاف ما هو مستخدم في متسلسلات Illumina . وعلى الرغم من أن دقة هذه المتسلسلات لا تزال قرابة 90 % ، فإنها تساعد العلماء على الإجابة عن الكثير من الأسئلة وخصوصاً عندما يتعلق الأمر بدراسة كائنات حية جديدة لم يسبق فك شيفرتها الوراثية بعد.

على الطرف الآخر فإن هناك عملا دؤوبا لتطوير متسلسلات صغيرة الحجم محمولة بحيث يمكن استخدامها في المناطق النائية التي لا تتوافر فيها مختبرات مجهزة، فحديثا، طورت شركة اكسفورد نانوبور البريطانية متسلسلة MinIon لايتجاوز حجمها الكف الواحد (الشكل 6)، وهي تولد قراءات طويلة جداً وبزمن حقيقي، وهو ما يتيح لسَلسلة أكثر من 10 ملايين نيكليوتيد باستخدام خلية تشيغيلة واحدة، وهذا سيتيح في السنوات القليلة المقبلة استخدام المتسلسلات في العيادات الطبية، وبالتالي تمكين الأطباء من دراسة مرضاهم على مستوى الحمض النووي وتشخيصهم بشكل أفضل وخصوصاً في الأمراض المعقدة كأمراض السرطان.



الشكل 6 - آلية سلسلة المخزون المناعي

ملاحظات ختامية

إن تصميم تجربة التسلسل بشكل جيد عن طريق التشاور مع العلماء المعنيين قبل إجراء التجربة يؤدي دوراً مهماً في الإجابة عن الأسئلة المطروحة حول التجربة.

إن تحليل بيانات المتسلسلات العالية الإنتاجية يعتمد بشكل كبير على قواعد البيانات الحيوية المتوفرة في الإنترنت من قبل معاهد الأبحاث العالمية ، وهذه القواعد تحوي النسخ الأصلية للجينومات المرجعية ومواضع الجينات في كل جينوم، إضافة إلى سلاسل الحمض النووي والحمض النووي الريبي، ومعلومات عن أقسام الجينات وأنواعها والعديد من البيانات الأساسية، وكذلك الأمر فإن معظم البرمجيات المستخدمة في هذا المجال هي مفتوحة المصدر ويطورها باحثون من جامعات عدة. وقواعد البيانات هذه والبرمجيات يتم تحديثها بشكل دوري بناء على الاكتشافات الجديدة التي تحدث في مجال علم الأحياء الجزيئي.

إن دمج عدة أنواع من البيانات مما ذكرناه آنفا يؤدي دوراً مهماً في فهم الوظائف والآليات الحيوية للكائنات الحية والأمراض، وهذا ما يسمى بالطريقة المتكاملة في المعلوماتية الحيوية التي تعتبر أساس البحث على مستوى النظام الحيوي كاملاً، إذ يتم توظيف خوارزميات معقدة جداً لاستخراج وبناء نماذج رياضية يمكن أن تستخدم في التطبيقات الطبية الحيوية. ■

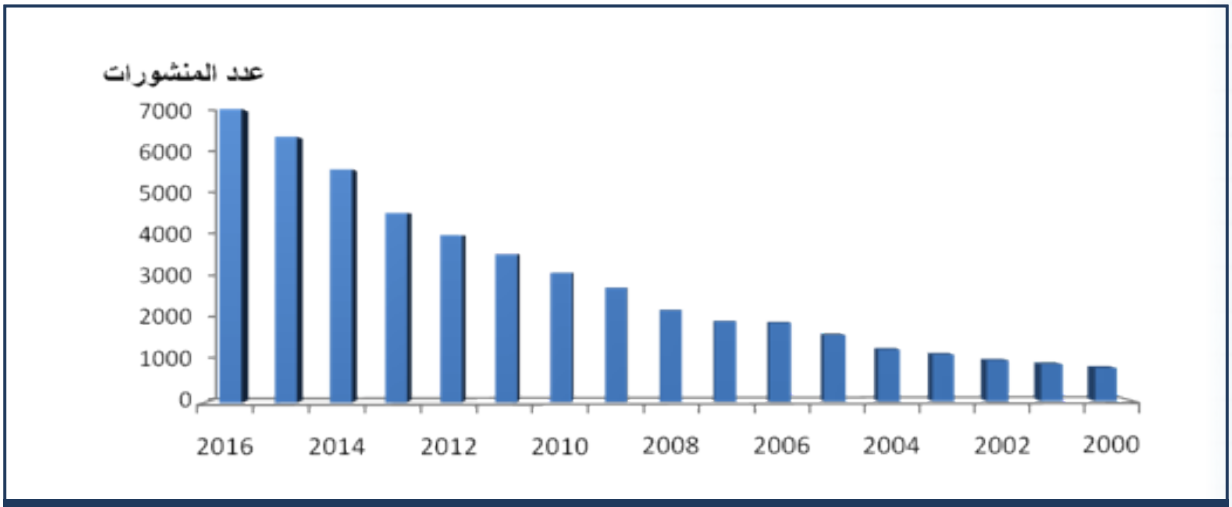
البيانات الضخمة في مجال البحوث البيوطبية والرعاية الصحية

د. منير وزير *

شهدت البيانات الضخمة على مدار العقد الماضي ثورة كبيرة في قطاع الرعاية الصحية والأبحاث البيوطبية، إذ تزايدت المنشورات العلمية في هذه المجالات بصورة لافتة (الشكل 1).

و يشير مصطلح البيانات الضخمة إلى البيانات المعقدة التي يتم جمعها بسرعة غير مسبوقة، والتي تتطلب إمكانات كبيرة للتخزين لا يمكن إدارتها وتحليلها باستخدام الأساليب

* كلية العلوم في جامعة محمد الخامس بالرباط، (المغرب)



الشكل 1: تطور البيانات الضخمة في مجال البحوث البيوطبية والرعاية الصحة حسب قاعدة البيانات "Scopus"

خصائص البيانات الضخمة

يحدد الباحثون البيانات الضخمة بخمس خصائص مهمة ، هي (الشكل 2):

■ **الحجم:** يتعلق بكميات هائلة من البيانات المخزنة في بعض قواعد البيانات (مثل قواعد البيانات الناتجة عن استخدام المصفوفات الرقيقة للجينات)، والتي تراوح عادة بين التيرابايت (10^{12} بايت)، و البيتابايت (10^{15} بايت)، وقد تصل إلى الزيتابايت (10^{21} بايت)، وبما إلى اليوتابايت (10^{24} بايت).

■ **السرعة:** تنطبق على الوتيرة العالية لإنشاء البيانات الجديدة، وهو ما يمكن ملاحظته عند محاولة رصد الأحداث في الزمن الحقيقي، كمراقبة حالة مريض بصورة آنية من خلال أجهزة الاستشعار الطبية أو محاولة تتبع انتشار وباء ما.

■ **التنوع:** يشير إلى مختلف أنواع البيانات وأشكالها، ومصادرها العديدة، و كذا مستوى تعقيدها.

■ **المصداقية:** تقيس دقة وصدق البيانات نظرا لاحتمال ارتفاع نسبة الضوضاء في البيانات، أو عدم اكتمالها، أو خطئها (احتمال وجود عيوب في الأجهزة البحثية أو الطبية المستعملة، أو وجود أخطاء في المعلومات المخزنة عن المريض في قواعد البيانات على سبيل المثال) مما يدعو إلى تقييمها بصورة صحيحة.

■ **القيمة:** تمثل مدى جودة البيانات في إشارة إلى النتائج المرجوة و المعرفة العلمية التي توفرها هذه البيانات.

الشكل 2: الخصائص الخمس للبيانات الضخمة

وبينما كان هذا النوع من البيانات يشمل السجلات الصحية الإلكترونية، وبيانات علم الجينوم وبيانات التصوير الإشعاعي، فقد أصبحت البيانات في أشكال جديدة مع ظهور التقنيات الحديثة، التقليدية. وبموجب هذا التعريف، فإن ما قد يعتبر من البيانات الضخمة في وقتنا الحاضر ربما لا يكون كذلك مع تقدم الأبحاث. وبتعبير آخر فإن ما هو ضخم اليوم ربما لا يكون كذلك غدا بالضرورة.

يشير مصطلح البيانات الضخمة إلى البيانات المعقدة التي تتطلب إمكانات كبيرة للتخزين لا يمكن إدارتها وتحليلها باستخدام الأساليب التقليدية

مثل البيانات الفيزيولوجية والنفسية (خصوصا البيانات في الزمن الحقيقي التي يتم جمعها مباشرة من خلال أجهزة استشعار)، والبيانات الإلكترونية التي تعتمد على الإنترنت (تعليقات المرضى والمشاركات في الشبكات الاجتماعية على الإنترنت. وكمثال على ذلك، هناك أكثر من 1110 مقالات علمية ذات صلة بالصحة ذكرت موقع تويتر كمصدر للمعلومات) والهواتف الذكية والساعات الذكية التي تجمع المعلومات الصحية الخاصة بكل شخص أينما كان.

البيانات في البحوث السريرية

وأظهرت الأبحاث العلمية أدلة إيجابية حول أهمية البيانات الضخمة في البحوث السريرية، ولاسيما في حالة البيانات المنتجة للفرضيات العلمية والبحوث الطبية الحيوية السريرية، وفي تحديد العلاقات بين بيانات الجينوم غير المتجانسة، والمتغيرات البيئية والسجلات الصحية للمرضى. وفي هذا السياق، ومن خلال تحليل مجموع البيانات الضخمة المتعلقة بالصحة، تركزت جهود العلماء على كشف أنماط معرفية جديدة لتحسين سياسات الصحة العامة والبحوث السريرية والرعاية المقدمة للمرضى والتشخيص المبكر للأورام وإيجاد علاجات جديدة وبناء النماذج التنبؤية لتوقع حدوث الأمراض والأوبئة.

وعلى الرغم من الإمكانات التي تتيحها البيانات الضخمة في مجال البحث الطبي، فإنها تبقى محدودة مقارنة بتقدم البيانات الضخمة في العلوم الأساسية مثل المعلوماتية الحيوية. فعلى سبيل المثال، يوجد في المعهد الأوروبي للمعلوماتية الحيوية (واحد من أكبر مستودعات بيانات البيولوجيا)، أكثر من 55 بيتابايت من البيانات حول الجينات والبروتينات والجزيئات الصغيرة. وتركز المعلوماتية الحيوية على البحوث التحليلية لكمية كبيرة من المعلومات البيولوجية باستخدام الحواسيب، إذ يتم استخدام المعلوماتية الحيوية لتحليل سلاسل الحمض النووي وبيانات التعبيرات الجينية، وشبكات الجينات، والتعرف إلى التغيرات الجينومية الهيكلية والتنبؤ بالبنى البروتينية.

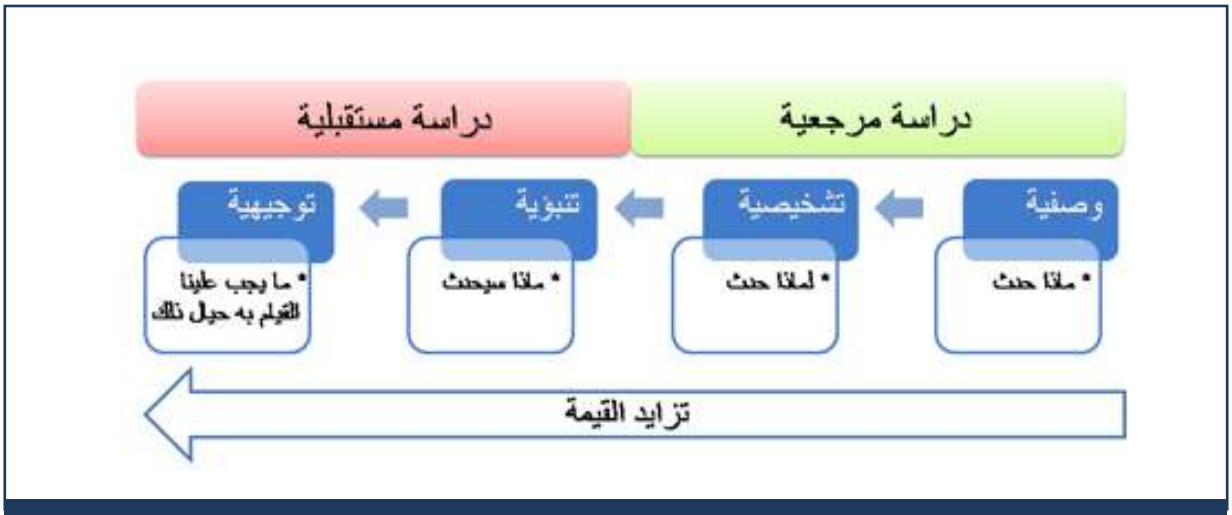
ويواجه الباحثون تحديات جديدة تتعلق بالتخزين، وإدارة وتحليل الكميات الهائلة من البيانات، والتي تتطلب تقنيات تحليلية قوية وجديدة لاستخراج المعلومات المفيدة و المساعدة على اتخاذ قرارات ذكية وفعالة.

تحليل البيانات الضخمة

لا تكمن أهمية البيانات الضخمة في إمكانية الوصول إليها وتجميعها وإدارتها فقط، وإنما في القدرة على فهمها وتحليلها واستخراج المعرفة منها، والتنبؤ بما سيحدث مستقبلا.

ويشير الباحثون إلى أن عملية تحليل البيانات تبدأ بالتعرف إلى البيانات الأصلية، التي قد تشمل مجال الرعاية الصحية والطب الحيوي والسجلات الطبية وعلم الجينوم والبيانات ذات الصلة، لتنتقل في الخطوة التالية إلى التنقيح وحذف البيانات الناقصة وتصحيح الأخطاء. كما يتم استخراج المزايا والتوفيق بين الأنماط، وذلك باستخدام مختلف التقنيات الحاسوبية. ويعقب ذلك المعالجة الإحصائية، إذ يتم استخدام التعلم الآلي وتقنيات الاستدلال الإحصائي التي تحتاج إلى البرمجيات المتخصصة، لاستخلاص الاستنتاجات من البيانات. والخطوة الأخيرة هي استخراج التوقعات.

وعموما، يتم تقسيم أدوات تحليل واستخراج المعلومات من البيانات



الشكل 3: الإطار التحليلي للبيانات الضخمة

الضخمة إلى أربع عمليات هي الوصف والتشخيص والتنبؤ والتوجيه (الشكل 3). مع الإشارة إلى أن العنصرين الأخيرين يمكن أن يكونا أكثر قيمة لأنهما يوجهان العمل في المستقبل.

■ **التحليلات الوصفية:** التي تبدأ بتجميع البيانات الخام وتحديد نوعها وتصفيتها وتنقيتها من المعطيات المزعجة ووصفها وتحويلها إلى شيء يمكن فهمه وإدراكه. ومن ثم فهي تعطينا القدرة على تحديد الأحداث وتلخيصها وتوفير نظرة ثاقبة عن «ماذا حدث» في الماضي، وتقديم تقرير بشأنه بطريقة ميسرة. ومن ثم فإنها تعد الخطوة الأولى في تحويل البيانات الضخمة إلى رؤى قابلة للتنفيذ، وذلك باستعمال تقنيات التنقيب عن البيانات، ومن أهمها الخوارزميات الجينية، والشبكات العصبية، و شجرة القرار.

■ **التحليلات التشخيصية:** تستخدم لاكتشاف أو لتحديد سبب حدوث شيء ما. ويتم ذلك باستعمال تحليل الانحدار لتقدير العلاقة بين المتغيرات، واستعمال التعمق بالتحليل للزيادة في مستوى التفصيل ولاكتشاف الأسباب، ويستعمل التنقيب العميق عن البيانات لاكتشاف علاقات الارتباط.

■ **التحليلات التنبؤية:** تعتمد على تحديد الأنماط وتحليل السيناريوهات المحتملة لما قد يحدث في المستقبل. ويمكن التعرّف إلى الأنماط وتطبيق تقنية النمذجة الإحصائية والخوارزميات لإيجاد علاقات بين مجموعات البيانات المختلفة. كما يمكن استخدام طرق متنوعة من النماذج الإحصائية، وتقنيات التنقيب عن البيانات وتقنيات التعلم الآلي لتوقع الخطوات التي يمكن تجنبها أو اتباعها لتحسين الخدمات الطبية.

■ **التحليلات التوجيهية:** تكشف ما ينبغي اتخاذه من إجراءات. وهذا النوع من التحليل هو الأكثر قيمة، إذ يؤدي دورا رئيسيا في عمليات التخطيط الاستراتيجي، ونتائجه تصلح عادة كنموذج إرشادي وتوصيات للخطوات المستقبلية.

ويتبين من كل ما ذكر آنفا، أن لتزايد القدرات الحاسوبية وتطور الخوارزميات وتقنيات المعلوماتية الحيوية وقعا كبيرا في إمكانية الاستفادة من البيانات الضخمة وتطويعها لإنشاء أساليب جديدة لتشخيص وعلاج الأمراض وتحسين جودة الحياة. ■

أصبح للبيانات الضخمة أشكال جديدة مع ظهور التقنيات الحديثة مثل البيانات الفيزيولوجية والنفسية والبيانات الإلكترونية التي تعتمد على الإنترنت والهواتف الذكية والساعات الذكية

المعلوماتية الحيوية ومحاربة الأمراض الفيروسية

لاتزال الأمراض الفيروسية أحد أهم الأسباب المؤرقة للبشرية، وأحد العوامل المؤدية إلى انهيار الدول واندثار الحضارات . وهذه الأمراض تحصد أرواح آلاف الأشخاص سنويا، وتتفوق على الأمراض الأخرى بسرعة الانتشار وكثرة واختلاف طرق العدوى، إضافة إلى قدرتها الغريبة على التكيف والتغير المستمرين.ونستذكر هنا الكيفية التي تسبب بها فيروس الأنفلونزا بموت ملايين الأشخاص في العقد

د. عبده عبده الفقي *

* قسم الفيزياء الحيوية، كلية العلوم، جامعة القاهرة، (مصر)

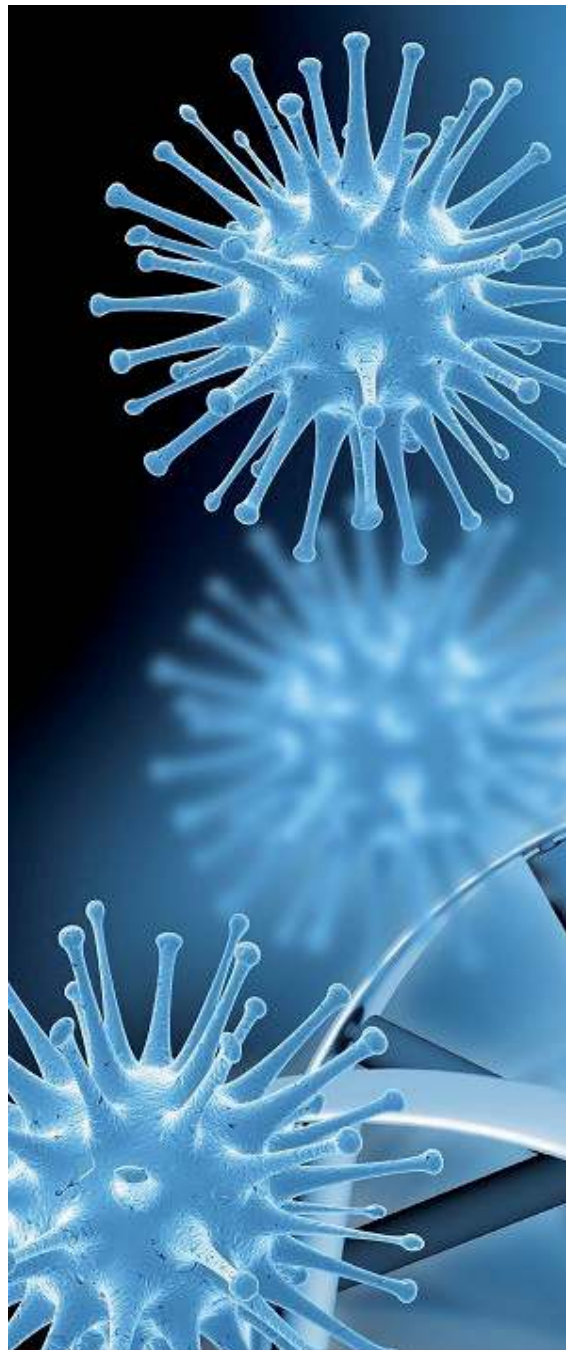
ويعد التهاب الكبد الوبائي الفيروسي والحصبة ومتلازمة نقص المناعة المكتسبة (الإيدز) من أهم الأمراض الفيروسية التي تصيب مئات الملايين من البشر في العالم. وبينما تؤثر الفيروسات الآنفة على الإنسان هناك أيضاً أمراض فيروسية أخرى تصيب الحيوان، مثل الحمى القلاعية التي تؤثر على الثروة الحيوانية. وهناك فيروسات قادرة على أن تنتقل من الحيوان إلى الإنسان. وتكمن خطورة هذا النوع من الفيروسات في قدرته على ذلك الانتقال أثناء التعامل المباشر مع حيوانات مصابة ، ثم احتمال انتقالها من إنسان إلى آخر ، ومن ثم تتحول إلى وباء يصعب السيطرة عليه، مثل أنفلونزا الطيور ومتلازمة الجهاز التنفسي الشرق أوسطية. هذه الفيروسات يجب دراستها جيداً بكل الوسائل المتاحة للحيلولة دون انتشارها وتحولها إلى أوبئة. ولم تنج النباتات أيضاً من فيروسات تؤثر بصورة سلبية على إنتاجية بعض المحاصيل.

أمراض فيروسية حديثة

ثمة عدد من الأمراض الفيروسية التي ظهرت حديثا، ومنها:

متلازمة الجهاز التنفسي الشرق أوسطية

ظهر هذا المرض للمرة الأولى في جدة بالسعودية في يونيو من عام 2012 ، حيث تم التعرف إلى فيروس جديد يعرف حاليا بفيروس كورونا الشرق الأوسط (نسبة إلى شكل الفيروس الذي يشبه التاج). ينتقل هذا الفيروس من الإبل إلى الإنسان عن طريق الاختلاط المباشر بينهما، ويصيب الجهاز التنفسي مسببا التهاب الشعب والقصبات الهوائية والرئة. يتميز الفيروس ببطء الانتشار، إذ سجلت 1917 حالة إصابة حتى بداية عام 2017 ، لكن مكمن الخطورة يتمثل في أنه من كل ثلاثة مصابين تحدث حالة وفاة واحدة. وتنتشر متلازمة الجهاز التنفسي الشرق أوسطية في دول الخليج العربي وإيران وكوريا الجنوبية.



الثاني من القرن العشرين. لكن ثمة مبشرات للبشرية تتمثل في إمكان المعلوماتية الحيوية التركيبية محاربة تلك الأمراض والقضاء عليها، وتخليص البشرية من ويلاتها.

الأمراض الفيروسية التي تحصد أرواح آلاف الأشخاص سنويا تؤرق البشرية وتؤدي إلى انهيار الدول واندثار الحضارات

التهاب الكبد الوبائي الفيروسي والحصبة ومتلازمة نقص المناعة المكتسبة (الإيدز) من أهم الأمراض الفيروسية التي تصيب مئات الملايين من البشر في العالم

المعلوماتية الحيوية التركيبية فرع من المعلوماتية الحيوية يعتمد على دراسة وتحليل التركيب الثلاثي الأبعاد للجزيئات الحيوية الكبيرة مثل البروتينات والأحماض النووية

التهاب الكبد الوبائي الفيروسي C

جرى اكتشاف الفيروس للمرة الأولى في عام 1989 م. وحاليا يصيب الفيروس نحو 200 مليون شخص في العالم ويتسبب بمضاعفات عدة منها تليف الكبد وبعض السرطانات الكبدية. ومن أسباب انتشار الفيروس نقل الدم الملوث، واستخدام الحقن أكثر من مرة، وأدوات الحلاقة لأكثر من شخص. تحتل مصر المركز الأول عالمياً من حيث انتشار المرض، ويقدر المصابون فيها بأكثر من 14 مليون شخص.

رأس مصاب بفيروس زيكا

رأس طبيعي

فيروس زيكا

بدأ الفيروس بالظهور في دول غرب ووسط إفريقيا في سبعينيات القرن الماضي. وكان بطيء الانتشار، ثم ظهر بوتيرة مختلفة بدءاً من عام 2015 ، فانتشر في بعض الدول اللاتينية خاصة البرازيل، ثم توسع ليشمل الأمريكتين وبعض الدول الإفريقية والأوروبية. ينتشر الفيروس عن طريق لدغات بعض أنواع البعوض. وجرى التأكد من وجود ارتباط بين إصابة الأم بفيروس زيكا أثناء الحمل وإصابة الجنين ببعض أمراض الجهاز العصبي المصاحبة لصغر حجم الرأس في عام 2016 .

المعلوماتية الحيوية التركيبية

المعلوماتية الحيوية التركيبية فرع من المعلوماتية الحيوية يعتمد على دراسة وتحليل التركيب الثلاثي الأبعاد للجزيئات الحيوية الكبيرة مثل البروتينات والأحماض النووية، ويستند إلى البيولوجيا التركيبية التي تهتم بالحصول على ذلك التركيب لفهم الوظيفة الحيوية لتلك الجزيئات ودراسة آلية ارتباطها بالمركبات والمثبطات.

يتم الحصول على التركيب الثلاثي الأبعاد من خلال طرق عملية ونظرية. تشتمل الطرق العملية طريقتين هما: التحليل البلوري باستخدام الأشعة السينية، والرنين المغنطيسي النووي لمحلول الجزيئات الحيوية. أما الطرق النظرية فتعتمد على التشابهات في التسلسل لوحدات بناء الجزيء الحيوي (الأحماض الأمينية في حالة البروتين). فباستخدام قواعد البيانات التي تحتوي على التتابعات والأخرى التي تحتوي على التركيب الثلاثي الأبعاد للجزيئات الحيوية، تستطيع برامج حاسوبية متخصصة تجميع وبناء ذلك التركيب، فتتحول المعلومات من بعد واحد (التتابعات) إلى ثلاثة أبعاد.

وللمعلوماتية الحيوية التركيبية دور مهم

في مكافحة إنزيم البلمرة الفيروسي، فعادة يتكون الفيروس من مادة وراثية يحيط بها غلاف من البروتين. وعندما يصل الفيروس إلى خلية العائل يحقن هذه المادة الوراثية داخل الخلية لتتحكم في آلية الخلية لإنتاج نسخ جديدة من الفيروس ومن ثم إصابة خلايا أخرى. وللتغلب على انتشار الفيروس داخل خلايا العائل ابتكر الباحثون أدوية ومركبات تستطيع الوصول لإنزيمات الفيروس وتثبيطها بحيث لا يستطيع الفيروس إنتاج نسخ جديدة. تمر عملية إنتاج الأدوية المضادة للفيروسات بمراحل عدة قبل إتاحتها للجمهور. وتعد النمذجة الجزيئية – التي تعتمد بصورة مباشرة على المعلوماتية الحيوية التركيبية – أولى الخطوات بهذا الصدد؛ إذ نستطيع من خلال بيانات التركيب الثلاثي الأبعاد للإنزيمات الفيروسية محاكاة ارتباط المركبات المثبطة على الموقع النشط للإنزيم وتوقع فاعلية هذه المركبات قبل تجربتها عملياً لتوفير الوقت والجهد والمال.

يتم ترجمة المادة الوراثية للفيروس بعد حقنها داخل خلية العائل إلى بروتينات تكون وظيفتها بناء نسخ جديدة من الفيروس. يقسم العلماء هذه البروتينات إلى بروتينات وظيفية وأخرى هيكلية، وظيفة الأولى بناء الغلاف الفيروسي الذي يحمي المادة الوراثية للفيروس بعد خروجه من خلية العائل. أما البروتينات الوظيفية فيطلق عليها أيضاً الإنزيمات الفيروسية ولها عدة وظائف مهمة لإكمال دورة حياة الفيروس وبناء نسخ جديدة. وتثبيط أحد هذه الإنزيمات يترتب عليه القضاء على الفيروس. ومن أهم الإنزيمات الفيروسية إنزيم البلمرة (Polymerase) الذي ينسخ المادة الوراثية لتكون هذه النسخ بمثابة المادة الوراثية للفيروسات الجديدة التي تتكون داخل خلية العائل. وترتبط النسخ الجديدة من المادة الوراثية للفيروس بالبروتينات الهيكلية المخلقة داخل خلية العائل لتكوين فيروس جديد يُحدث إصابات بخلايا أخرى.

إنزيم البلمرة

يتميز إنزيم البلمرة بطيه الثابت في معظم الفيروسات، الذي يتميز بثلاثة نطاقات تشبه كف اليد اليمنى: نطاق الأصابع ونطاق الإبهام ونطاق راحة اليد. تقبض النطاقات الثلاثة على المادة الوراثية لنسخها. يحتوي نطاق راحة اليد على اثنين من أحماض الأسبارتيك المتتالية التي تعتبر بمثابة الموقع النشط لإنزيم البلمرة. وقد حصل العلماء على مركبات قادرة على الارتباط بهذا

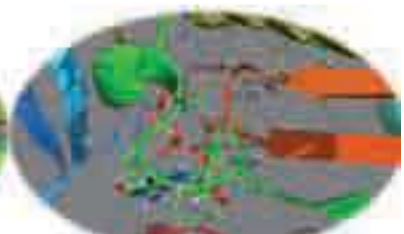
للمعلوماتية الحيوية التركيبية دور مهم في مكافحة إنزيم البلمرة الفيروسي والقضاء عليه عبر آليات معقدة

تساهم المعلوماتية الحيوية التركيبية بالتنبؤ بارتباط المركبات بالإنزيمات الفيروسية و ابتكار مركبات جديدة وتجربتها حاسوبياً لمكافحة أمراض عدة

مقارنة بين إنزيم البلمرة الخاص بفيروس التهاب الكبد الوبائي C والخاص بفيروس زيكا

الموقع النشط، والعمل على الإقلال من فرصة وصول النيوكليوتيدات للإنزيم، ومن ثم يتوقف عمل الإنزيم وانتشار الفيروس عند المرضى المصابين بالالتهاب الكبدي الوبائي C. يطلق على هذه المركبات التي تستهدف الموقع النشط لبروتين معين "مضادات الفيروسات ذات المفعول المباشر". وكان أول هذه المركبات الناجحة هو السوفوبريفير (دواء السوفالدي) الذي أقرته منظمة الغذاء والدواء الأمريكية في ديسمبر عام 2013 .

فيروس التهاب الكبد الوبائي C



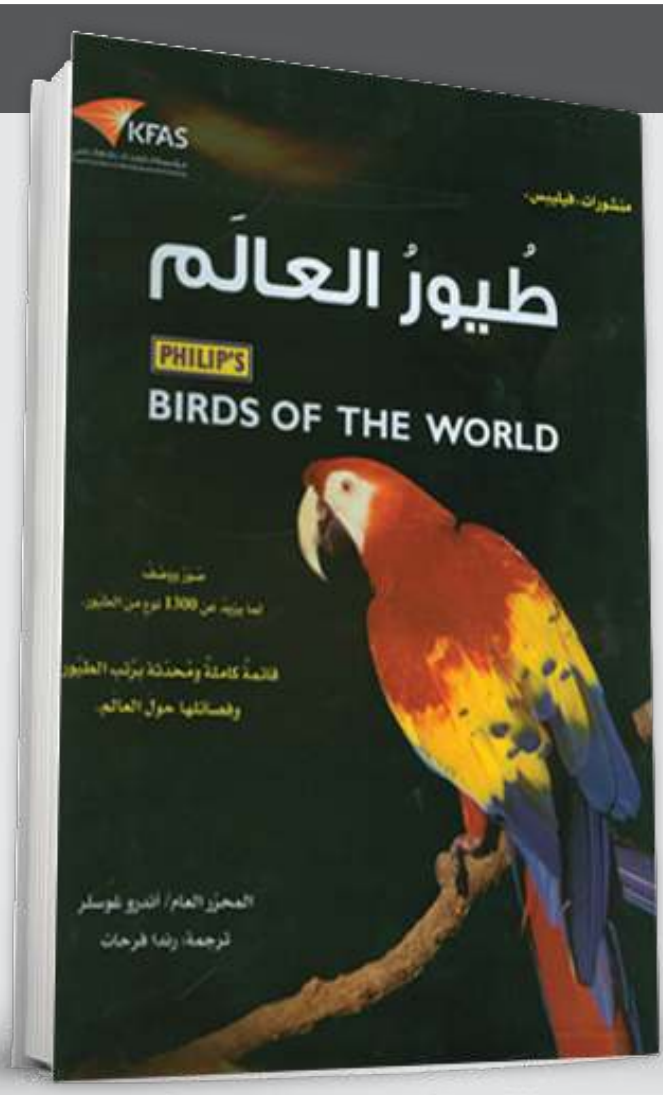
فيروس كورونا الشرق الأوسط

توضح الصورتان المرفقتان مقدار التشابه بين الطي الخاص بإنزيم البلمرة المتعلق بالتهاب الكبد الوبائي C وذلك الخاص بفيروس كورونا الشرق الأوسط وفيروس زيكا. وعلى الرغم من وجود اختلاف كبير في تتابعات الأحماض الأمينية فإن الطي متشابه بدرجة كبيرة، لاسيما حول الموقع النشط. ويظهر في الصورة الأولى ارتباط النيوكليوتيد GTP بالإنزيم عن طريق روابط هدروجينية يتم من خلالها نقل النيوكليوتيد للحمض النووي الريبوزي الجديد. تمت دراسة بعض الأدوية المضادة لإنزيم البلمرة الخاص بفيروس الالتهاب الكبدي الوبائي C على فيروس كورونا الشرق الأوسط باستخدام الحواسيب، وكانت النتائج لاثنين من الأدوية مبشرة؛ حيث أظهرت محاكاة ارتباط المركبين IDX-184 وMK0608 بالمكان النشط نتائج أفضل من الدواء المستخدم غالباً ضد الفيروسات (الريبافيرين). وأظهرت نتائج محاكاة الارتباط لأدوية الالتهاب الكبدي الوبائيC على إنزيم البلمرة الخاص بفيروس زيكا إمكان استخدام هذه الأدوية ضد فيروس زيكا، نظراً لتشابه طي الإنزيم وطريقة تفاعل الأدوية مع الإنزيم. وتأكدت هذه النتائج مختبريا ، حيث ثبت فاعلية دواء السوفوسبيوفير على مرضى فيروس زيكا في يوليو عام 2016 .

مركبات جديدة

نستطيع باستخدام النمذجة الجزيئية والمعلوماتية الحيوية التركيبية التنبؤ بارتباط المركبات بالإنزيمات الفيروسية، ومقارنة قوة ارتباط هذه المثبطات بالمكان النشط للإنزيم الفيروسي. وتمكننا هذه الطرق النظرية أيضا من ابتكار مركبات جديدة وتجربتها حاسوبياً، ومقارنة ارتباطها بالمكان النشط للإنزيم بمثيلاتها من المركبات المستخدمة أو تحت الدراسة الإكلينيكية قبل أن نجري عليها الدراسات المختبرية، ومن ثم نوفر الوقت والجهد والمال.■

من إصدارات المؤسسة



طيور العالم

د. اندرو غوسلر (Andrew Gosler) هو محاضر بحوث في «معهد ادوارد غراي لعلم الطيور» في جامعة أوكسفورد. وعضو اللجنة الدولية لعلم الطيور.

إنّ كتاب «طيور العالم» من منشورات «فيليبس» هو الكتاب المرجعي الأشمل من نوعه والصادر في جزء واحد. ويعرض الكتاب مجموعة تشمل 1300 صورة ووصف للطيور مع قائمة مرجعيّة كاملة بكل رتبة وفصيلة معروفة حتى اليوم، ممّا يجعله كتاباً مرجعياً أساسياً لجميع المهتمّين بالطيور.

- صور ملونة لـ 1300 نوع. مع وصف تفصيلي وضعه علماء طيور ذوو خبرة.
- قائمة كاملة وحديثة بجميع رتب وفصائل الطيور المعروفة في العالم حتى اليوم.
- مقدمة حول ارتقاء الطيور وتصنيفها وتوزيعها، بالإضافة إلى وصف لكل منطقة رئيسية.
- خرائط لتعريف مواقع رصْد الطيور الدولية الرئيسية.

نمو الوجه والأسنان لدى الأطفال

د.سعود العنزي *

تبدأ الأسنان بالظهور لدى الطفل بعد الشهر السادس من العمر، ثم تتوالى الأسنان اللبنية بالظهور حتى عمر عامين. ومن المعروف أن العدد الكامل للأسنان اللبنية هو 20، منها 10 في الفك العلوي ومثلها في الفك السفلي. وعندما يبلغ الطفل ست سنوات تبدأ الأسنان الدائمة بالظهور، وكما حدث مع الأسنان اللبنية، تتوالى الأسنان الدائمة بالظهور وتتبدل مع الأسنان اللبنية على مراحل حتى بلوغ الطفل 13 عاما، في حين تبدأ أسنان «العقل» بالظهور عند عمر 18 عاما.

* استشاري تقويم الأسنان والفكين عند الأطفال، (الكويت)

تعتبر مشكلات نمو الأسنان أبسط علاجيا من مشكلات نمو الوجه والفكين. وفي بعض الحالات يكون هناك زيادة للأسنان عن العدد الطبيعي، وفي هذه الحال يلجأ الطبيب إلى إزالة الأسنان الزائدة. وفي حالات أخرى، يكون هناك نقص عن العدد الطبيعي، بمعنى آخر أن السن لم ينم ، وحل محله فراغ في الفم نتيجة عدم نموه، وفي هذه الحالات يتم إغلاق الفراغ عن طريق تقويم الأسنان، أو تعويض الفراغ عن طريق التركيبات الصناعية.

وحينما يصاب الطفل بخلل في نمو الفكين، يصبح العلاج أكثر تعقيدًا من الخلل الحاصل في نمو الأسنان؛ لأن التحكم في نمو الفك ليس سهلا، على العكس من التحكم في الخلل الحاصل في نمو الأسنان.

وإذا كان حجم الفك أكبر من المعدل الطبيعي، فإن الجينات الوراثية ستنقل هذه الصورة من أحد الوالدين إلى الطفل. أما إذا تعرض الطفل إلى إصابة في الفك – مثلا- أثناء اللعب العنيف، فإن ذلك قد يؤدي إلى تغير شكل الفك ونموه.

ضمور الفك السفلي

من الأمثلة الشائعة عن الخلل في نمو الفكين لدى الأطفال هو النقصان أو ضمور الفك السفلي، في هذه الحالة يكون شكل الطفل غير طبيعي، وربما يؤثر سلبا على شخصية الطفل ويسبب لديه مشكلات نفسية قد تستمر مدة طويلة، وربما تبقى مدى الحياة. وأثبتت الدراسات أن الطفل الذي يعاني من عدم تناسق في نمو الأسنان أو بالوجه والفكين يكون عرضة للتنمر أو الإيذاء بالمدرسة.

ويفضل أن يجري الطبيب أول فحص للطفل وهو في عمر سبع سنين، للتأكد من أن عملية النمو تتم بصورة سليمة وسلسة. وفي عمر السابعة تبدأ الأسنان الدائمة بالظهور ومن ثم تتبدل الأسنان اللبنية. وإجراء الفحص قبل ظهور الأسنان الدائمة لا يعطي مؤشرا إلى نمط نمو الطفل.

وفي بعض الأحيان يتضح للطبيب وجود خلل في أسنان الطفل، مثل سوء تطابق الأسنان. وفي هذه الحال يضع الطبيب أجهزة تقويمية بسيطة لعلاج الخلل. وبعد التأكد من العلاج ندع النمو يأخذ مجراه الطبيعي. وفي بعض الأحيان نكتشف أن الطفل يمص أصبعه أو يعض على الأقلام ، وهي عادات سيئة جدا قد تؤثر سلبًا على نمو الأسنان. هنا نقدم التوعية للطفل والوالدين بضرورة التخلي عن هذه العادات السيئة لضمان حدوث النمو بشكل طبيعي.

خلل عظام الفك

ثمة حالات يكون فيها خلل كبير في عظم الفك، وعندها يجب إجراء تقويم جراحي للأسنان للتوصل إلى النتيجة المثالية. وعلاج مثل هذه الحالات يتطلب جهدا من الفريق الطبي والمريض، وتراوح فترة العلاج بين سنتين وثلاث سنوات. على سبيل المثال، عند وجود بروز كبير في الفك السفلي، لا يستطيع جهاز تقويم الأسنان وحده علاج ذلك؛ نظرًا لوجود الخلل في العظم، وأجهزة التقويم لا تستطيع أن تحرك عظم الفك بل تحرك الأسنان فقط. لذلك يجب

حينما يصاب الطفل بخلل بنمو الفكين يصبح العلاج أكثر تعقيدًا من الخلل الحاصل بنمو الأسنان لأن التحكم بنمو الفك ليس سهلا على العكس من التحكم بخلل نمو الأسنان

تجهيز الحالة الذي يستغرق ما بين سنة وسنة ونصف في معظم الحالات. عندئذ يجري الفريق دراسة وافية للحالة لتقييم مدى ملاءمة الحالة للجراحة. بعد التأكد من خطة سير العلاج تتم عملية الجراحة التي تراوح مدتها بين ساعتين وأربع ساعات. وبعد الانتهاء من العملية يجري وضع تفاصيل لتطابق الأسنان ، وهي خطوة تستمر ستة أشهر.

من المشكلات أيضا الأنياب المطمورة لدى الأطفال. وعدم ظهور الأنياب في الوقت المحدد مشكلة عالمية.

دراسة كويتية

وأظهرت دراسة كويتية لتحديد نسبة حدوث هذه المشكلة أن نسبة حدوث فشل في بزوغ الأنياب بالكويت تتوافق مع النسبة العالمية وهي بحدود 2-3% ؛ أي إنه من كل 100 طفل في الكويت، هناك 2-3 أطفال يعانون بسبب هذه المشكلة.

ولدى الطفل الطبيعي أربعة أنياب، اثنان في الفك العلوي ومثلهما في الفك السفلي. والأنياب أسنان مهمة لأنها توجد في زاوية الفم وتحدد الشكل الجمالي للشفتين العلوية والسفلية، وعدم بزوغ الأنياب ربما يسبب خللا في شكل الوجه والشفتين. والناب المطمور لدى الطفل هو الناب الذي لم يظهر في فم الطفل بالوقت المحدد، وهو عمر 11 - 12 سنة للأنياب العلوية ، وعمر 9 - 10 سنوات للسفلية.

ضمور الفك السفلي لدى الطفل يؤثر سلبا على شخصيته ويسبب له مشكلات نفسية قد تستمر مدة طويلة وربما تبقى مدى الحياة

إن طريقة العلاج تختلف من طفل إلى آخر. على سبيل المثال، إذا كان المريض صغير العمر يفضل إجراء تقويم وسحب السن إلى مكانه الطبيعي، أما إذا كان الشخص بعمر متقدم، فيفضل اللجوء إلى خيارات أخرى أما إذا كان مكان السن غير مناسب وبعيدا جدًا عن موقعه الطبيعي فيفضل خلع السن واللجوء إلى زراعة الأسنان.

وقد يتعرض الأطفال أثناء ممارسة الألعاب الجماعية لإصابات متنوعة تختلف حسب مقدار تأثيرها على الطفل. وهذه الإصابات نوعان: إصابات داخل الفم ويكون تأثيرها على الأسنان والأنسجة المحيطة، وإصابات خارج الفم ربما تؤثر على الفكين والرأس والوجه. ولكل من النوعين معالجة سنية خاصة.

وجروح الوجه يمكن معالجتها عن طريق إيقاف النزيف واستخدام الخيط الطبي لعلاج التمزقات.أما إصابات الفكين فيمكن أن تشفى وحدها إذا كانت بسيطة، أما الإصابات المتوسطة إلى الشديدة، فيجب تحويلها إلى الطبيب المتخصص لتلقي العناية اللازمة.

العيوب الخلقية

على الرغم من قلة حدوث العيوب الخلقية في الآونة الأخيرة بسبب تطور العلم والتوعية والتطعيمات اللازمة، فإنها تحدث لبعض الأشخاص وتسبب مشكلات صحية ونفسية للطفل والأقارب؛ لأنها تمس منطقة الوجه والرأس، وتكون ظاهره للناس. ومن أشهر العيوب الخلقية لدى الأطفال ما يسمى بالشفة الأرنبية التي تتمثل في حدوث تشققات بالشفاه أو بالشفاه وسقف الحلق. وثمة أسباب عديدة لذلك، منها ما هو وراثي، ومنها ما هو ناتج عن عوامل بيئية مثل تناول الحامل بعض الأدوية أو تناول المواد الكحولية أو التدخين. ومع تطور العلم ووجود تقنيات مثل السونار، يمكن اكتشاف مثل هذه العيوب في الأشهر الأولى من الحمل. ويبقى السؤال لدى الوالدين: هل نبقي الجنين ونحن نعلم أنه سيولد بالمرض أو ننهي الحمل؟ ثمة جوانب دينية لذلك، لكن علميا فإن علاج الشفة الأرنبية تطور بشكل كبير حتى صار بالإمكان عودة الشفتين إلى شكلهما الطبيعي. ■

الشفة الأرنبية تتمثل في حدوث تشققات بالشفاه وأسبابها إما وراثية ومنها ما هو ناتج عن عوامل بيئية مثل تناول الحامل بعض الأدويـة أو تناول المواد الكحولية أو التدخين

ثمة حالات يكون فيها خلل كبير بعظم الفك وعندها يجب إجراء تقويم جراحي للأسنان لتحقيق نتيجة مثالية وعـلاج مثل هذه الحالات يتطلب جهدا من الفريق الطبي والمريض

الأسنان الصناعية عبر التاريخ

داوود سليمان الشراد *

لطالما عانى الإنسان من آلام الأسنان، وسعى إلى علاجها والتخفيف منها، واستخدم لذلك وسائل عدة، وحاول وضع بدائل في حال فقدانها، أو تلفها. وتاريخ تطور بدائل للأسنان حافل بالأحداث، عبر مسيرة شاركت فيها معظم الحضارات، وأسهم فيها أشخاص عديدون. إن محاولات صناعة أسنان بديلة كانت محدودة وتعتمد على عاج الفيلة أو وحيد القرن، أو الذهب والعقيق، أو حتى على أسنان الموتى من الناس، أو أسنان يشتريها الأثرياء من الفقراء، وكانت هذه تربط أحيانا بالأسنان السليمة بخيوط من الحرير، وتنزع قبل تناول الطعام.

فلقد استخدم الهنود الحمر في أمريكا الجنوبية معدن الذهب في حشو الأسنان، وإعادة زرعها. وعثر العلماء في المكسيك على مومياء عمرها نحو 4500 سنة لها طقم أسنان صناعية بدائي. وعرفت قبائل المايا Maya قبل نحو 2500 ق.م زراعة الأسنان الصناعية.

وسعى الفراعنة قبل نحو 2500 ق.م لتثبيت وربط الأسنان بمحيط السن باستخدام رباط مصنوع من الذهب، وبرعوا في تركيب أسنان مصدرها الحيوانات، أو نماذج منحوتة من العاج، وشاع بينهم زرع الأسنان مع المتوفى، لأهميتها له في حياته بعد الموت، وعثر على مومياءات احتوت جماجمها أسنانا ذهبية.

جهود أولية

وتظهر بعض الدراسات أن عام 800 ق.م شهد أول عملية لزراعة الأسنان باستعمال حجارة قاسية، وذلك في هندوراس. ولعل عينة الفك السفلي لأحد أفراد المايا بهندوراس، هي أول دليل موثق على عملية الاندماج العظمى التي حدثت في نحو 600 ق.م. وقد عثر عليها علماء الآثار في عام 1931، أثناء عملهم في مناطق شعب المايا.

ويبدو أن استخدام أطقم الأسنان الصناعية

* كاتب علمي، (الكويت).

يعود إلى ما بين عامي 700 – 500 ق.م، حينما صنع سكان مدينة اتروري بشمالي إيطاليا أطقم أسنان صناعية من أسنان البشر، أو من أسنان الحيوانات، وتم تثبيتها باستخدام سبائك من الذهب، إلا أن تلك العمليات باءت سريعا بالفشل.

وينسب إلى أبقراط اليوناني (460 – 377 ق.م) بحث في علاج الأسنان، ويرجع الفضل لليونانيين في تجهيز سائل لتنظيف الأسنان من رماد الأرنب والبري والفأر، ومسحوق كلسي من الرخام. وبرع الرومان في العناية بالأسنان، واستخدموا في عام 160م التيجان الذهبية لتلبيس الأسنان. وتمكن عدد من المبتكرين في نحو 300 ق.م من صناعة أسنان من العاج على شكل منشن للخارج، ثم تبيتها بأسلاك من ذهب لصناعة جسر ثابت.

وفي عام 1862 عُثر في مدينة صيدا اللبنانية على جهاز تركيب أسنان يعود إلى عام 200 ق.م يتكون من أربع أسنان أمامية، فيها اثنان من العاج مربوطان بسلك من الذهب. واستخدم الصينيون أول حشوة مكونة من الفضة نحو عام 900 م.

أسنان من القرن الرابع ق.م

العصور الوسطى

كان طب الأسنان في بعض الدول بالعصور الوسطى يقتصر على اقتلاع السن المتسوسة. وكان تركيب الأسنان متوافرا في منتصف القرن الخامس عشر من عظام منحوتة، أو أسنان بشرية سرقت من القتلى في المعارك. وقد اقتلعت أسنان 5000 جندي ممن قتلوا في معركة واترلو في عام 1815. وظلت تلك الطريقة متبعة حتى ستينيات القرن التاسع عشر.

واستخدم الطبيب السويسري باراسيلس (1493 – 1541) في عام 1500 مادة الطَبْرَخِيّ أو الكوتابركا Gutta-percha، في المعالجة اللبية، التي تحضر من مادة لدائنية حرارية، تمتاز بقساوتها، ومصدرها إفرازات لبنية latex متخثرة من شجرة آسيوية.

وعثر في معبد ياباني على طقم أسنان صنع من الخشب استعمله أحد الأشخاص نحو عام 1538 م. واستمر استعمال الأسنان الخشبية في اليابان حتى حكم الامبراطور فيجي (1852 – 1912).

أطقم الأسنان الخزفية

صنع الفرنسي دوشاتو Duchateau (1714 – 1792) في نحو عام 1774، أول طقم أسنان خزفي. وفي عام 1791 منح الطبيب الفرنسي شوما Chemant (1753–1824)، براءة اختراع بريطانية لوضعه «مواصفات شوما»، التي اشتملت على دوافع الأسنان الصناعية، ولإجرائه عمليات التثبيت، واللصق المتشابه، بأساليب فعالة، وظهور الأسنان بدرجات لدنية مطلوبة، أو شديدة، وتبقى محافظة على ذلك طوال الزمن، وبما يماثل الأسنان الطبيعية. وقد بدأ ببيع منتجه في عام 1792.

أسنان تعود إلى 1790 م

وفي عام 1808 صمم الإيطالي فونزي أول سن من الخزف، وثبتها بمسمار من البلاتين، بعد أت سئم من استعمال أسنان منزوعة من جثث الموتى. وعمد ماجيلو Maggilo في عام 1809 إلى زرع قطعة ذهب في موضع ضرس مخلوع، وترك الأنسجة لتلتئم، وعمل فيما بعد على تثبيت تاج صناعي. ونجح صائغ

قبل نحو 2500 ق.م سعى الفراعنة لتثبيت وربط الأسنان بمحيط السن باستخدام رباط مصنوع من الذهب وبرعوا في تركيب أسنان مصدرها الحيوانات أو نماذج منحوتة من العاج

طب الأسنان والحضارة الإسلامية

وصف الطبيب الزهراوي (936 - 1013م) طريقة زرع الأسنان باستخدام عظم الثور. واشتهر الطبيب الرازي (864 - 923م) بطب الأسنان، وكتب رسائل في ذلك، وخصص الجزء الثالث من كتابه «الحاوي في علم التداوي» لأمراض الأسنان واللثة واللسان، وأمراض الفم وطرق علاجها، أو الأدوات المستخدمة في قلع الأسنان، أو كيها بالنار، وعرض طرق معالجة الأورام جراحيا. وكان المسلمون أول من استخدم زيت القرنفل في معالجة الأسنان، وتسكين الآلام. ولايزال الزيت متداولا حتى الآن في طب الأسنان.

أبو القاسم الزهراوي

الذهب الإنجليزي أش (1792 - 1854) في عام 1820 في لندن، في صنع أطقم صناعية عالية الجودة من الخزف، مثبتة في ألواح من الذهب عيار 18 قيراطا.

محاولات بالذهب والخزف

وأجرى رنغلمات Ringelmann في عام 1824، محاولتين لزرع الأسنان، الأولى كانت في الفك العلوي بزرع سن كلب وتثبيتها بأسلاك من الذهب. والثانية بزرع أسنان لها جذور ذهبية، وتثبيتها في موضع قلع السن مباشرة، لكن العمليتين فشلتا.

واكتشف الأمريكي غوديير (Goodyear 1800 - 1860) في عام 1839، نوعا من المطاط المرن المعالج بالكبريت، واستخدمه في جمع أسنان طقم كامل. ونجح هاريس Harris في عام 1887 بزرع ضرس من الخزف على جذر من الرصاص ويعد الأمريكي غرين فيلد أول من أثبت عملية زراعة الأسنان Dental implant في المراجع والمصادر العلمية الحديثة، في عام 1913، وذلك من خلال الصور والرسوم التوضيحية.

وفي عام 1937 طبق الطبيب مولر نوع الزرعة تحت السمحاق. وكان ستروك أول من زرع في عام 1939 لولبا في العظم للتعويض عن سن مقلوعة. وبدأ ستروك التجارب العملية على الكلاب لاختبار تفاعل الأنسجة مع تلك الزرعات، مما وفر البراهين الأولية على الاندماج العظمي.

وفي عام 1943 طور الطبيب دال Dahl نوع الزرع تحت السمحاق، ثم طبق الزرع تحت الغشاء المخاطي، وذلك بزرع قطعة بشكل الزر تحت الغشاء المخاطي لقبة الحنك، واستفاد منها لتثبيت صفيحة علوية كاملة الأسنان، غير أن الآراء أجمعت على فشل تلك الطريقة.

السويدي أبو زراعة الأسنان

صنع فورميغيني Formiggini في عام 1947، زرعة لولبية من الفولاذ الذي لا يصدأ. وتوصل العالم السويدي مارك Mark عام 1951 – الذي يعد أبا زراعة الأسنان – مصادفة إلى إمكان زراعة لولب من معدن التيتانيوم الخفيف في العظم، ثم تبين له حدوث الاندماج العظمي. وأجرى تجارب على الحيوانات والبشر استمرت نحو 15 عاما. وفي عام 1965 أجرى أول عملية ناجحة على مريض سويدي عديم الأسنان. وفي عام 1962 نجح الطبيب الفرنسي تشرتشف chercheve بزرع لولب من سبيكة معدنية من الكروم والكوبالت والتيتان في أحد المرضى.

فورميغيني

وكان للزرعات داخل العظم عدد من العيوب، ولعل ذلك ما دفع لينكوف linkow لصنع شفرات من معدن التيتان، في عام 1966، اسمها الزرعة الانبساطية. ويعتبر لينكوف جد زراعة الأسنان الحديثة. وأضاف هاينرليش إلى تلك الزرعة عام 1976 خطاطيف جانبية تجعلها خليطا من الزرعات في العظم، وتحت السمحاق. وفي عام 1978 ظهر علم زراعة الأسنان للمرة الأولى في مؤتمر بجامعة هارفارد. ثم شهدت زراعة الأسنان في السنوات الأخيرة تطورا كبيرا، وما زالت المؤتمرات تتحفنا كل أشهر بابتكار جديد في هذا المجال الذي ساهم في الحد من معاناة ملايين البشر. ■

اشتهر الرازي (923 - 864م) بطب الأسنان وخصص الجزء الثالث من كتابه «الحاوي في علم التداوي» لأمراض الأسنان واللثة واللسان وأمراض الفم وطرق علاجها بواسطة الأدوية

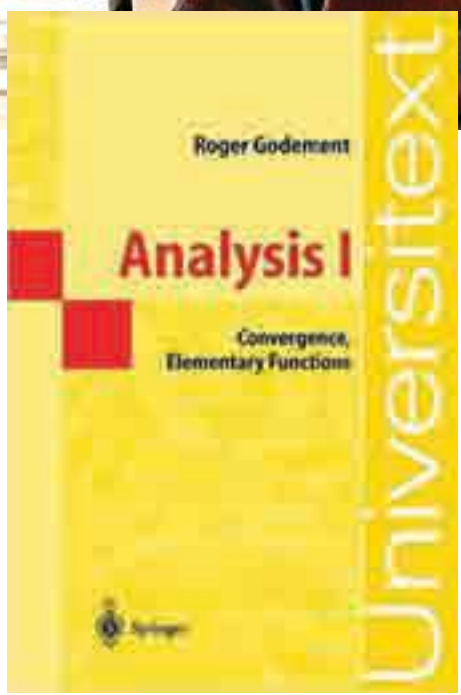
من إصدارات المؤسسة

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا

تأليف: جون كلارك وآخرون

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا مجموعة تتكون من عشرة مجلدات توفر تسلسلاً زمنياً لأهم الإنجازات العلمية والتكنولوجية في العالم، بما في ذلك التطورات الرئيسية في علم الرياضيات وعلم الفلك والفيزياء والكيمياء والعلوم الحيوية والطب والهندسة وارتياد الفضاء، وكذلك التكنولوجيا من عصور ما قبل التاريخ إلى يومنا الحاضر. يبرز كل مجلد فترة زمنية من التاريخ البشري مسلطاً الضوء على أهم الإنجازات في كل حقلٍ من حقول العلوم والتكنولوجيا.



روجيه غودمان عالم الرياضيات المناهض للتسلح

د. أبو بكر خالد سعد الله *

في 21 يوليو 2016، رحل عالم الرياضيات الفرنسي روجيه غودمان Roger Godement عن عمر ناهز 95 سنة، تاركا وراءه سجلا خالدا في الرياضيات، ومواقف مشهورة في مناهضة التسلح واستغلال العلم في صناعة الأسلحة والترويج لها. يعتبر هذا العالم من أبرز الرياضيين البارعين في تحرير كتب الرياضيات. وقد عُرف -إضافة إلى علمه الواسع وأبحاثه ومبتكراته في مجال تخصصه الدقيق (الزمر الطبولوجية)- بمواقفه ضد دعم العلم للتسلح وبكتاباته ومداخلاته الكثيرة في هذا الموضوع.

*قسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، (الجزائر)

غودمان بين عدد من أصدقائه وطلبته

عُـرف بمواقفه ضد دعم العلم للتسلح وبكتاباته ومداخلاته الكثيرة في هذا الموضوع إضافة إلى علمه الواسع وأبحاثه ومبتكراته في مجال تخصصه الدقيق (الـزمـر الـطـبـولـوجـيـة)

ولـد غـودمـان في مدينة لـوهـافـر Le Havre الفرنسية المطلة على المحيط الأطلسي التي تعرضت لقصف جوي كثيف خلال الحرب العالمية الثانية دمر جزءا كبيرا منها. كان عمره آنذاك أقل من 20 سنة. وبعد أن أنهى دراسته الثانوية هناك التحق بكلية المعلمين العليا في باريس عام 1940 التي كانت، ولا تزال، تستقبل ألمع الطلبة، وحصل على الدكتوراه عام 1946 تحت إشراف عالم الرياضيات الكبير هنري كارتان Henri Cartan.

وكان موضوع أطروحته يتناول ما يُعرف بالتحليل التوفيقي harmonic analysis، إذ برهن فيها على نتائج متميزة. وواصل أبحاثه ونشر عام 1952 أعمالا أصيلة حول الدوال الكرويةspherical functions كان لها تأثير كبير في التحليل الرياضي. مـن الناحية الصحية اكتشف الأطباء عام 1936 أن لغودمان عاهة في مستوى الرئتين؛ لكن ذلك لم يعقه عن مواصلة الدراسة. وكان قد التحق بسلك التدريس في جامعة نانسي Nancy بعد حصوله على الدكتوراه حتى منتصف الخمسينيات. ثم انتقل إلى جامعة باريس وظل يدرّس فيها حتى تقاعده سنة 1990. وفي تلك الأثناء كانت له عدة زيارات لجامعات ومراكز بحث أمريكية، مثل جامعة برينستون وبركلي. نشر غودمان ثمانية كتب قيّمة ما بين 1958 و 2003 كلها تعتبر مراجع معتمدة في الرياضيات، ولعل أبرزها «دروس في الجبر» Cours d'Algèbre الذي ألّفه عام 1962 وترجم إلى الإنكليزية والعربية.

مع فريق بورباكي

يصنف الكثيرون فرنسا في المرتبة الثانية عالميا، بعد الولايات المتحدة، في مجال البحث الرياضي. ومردّ ذلك حسب بعض المتتبعين هو تشكل فريق من الباحثين الفرنسيين الشباب عام 1933 تحت الاسم المستعار «فريق بورباكي Boubaki". وقدم هذا الفريق خدمة جليلة للرياضيات الحديثة طوال القرن العشرين. وكان هدف المنتسبين إليه وضع الرياضيات على أسس سليمة يرضى عنها رجال المنطق الرياضي. وقد حدث ذلك في الوقت الذي كانت الرياضيات تعاني فيه كثرة الفجوات في بنيانها المنطقي. وما يلفت الانتباه في عمل هذا الفريق الفرنسي ليس ذلك الإنجاز فحسب، بل المنهج المتميز الـذي اتبعه. وكـان نشاط الفريق في المرحلة الأولى يتم في جامعة نانسي حيث بدأ غودمان التدريس. وكان الفريق يتكوّن من خريجي كلية المعلمين العليا الباريسية، وهي كلية عريقة ومعروفة بتكوينها النخبوي. أما عدد أعضائه فقارب العشرين عضوا جلّهم فرنسيون لا تتجاوز أعمارهم 50 سنة، حيث يستقيل كل عضو

ولـد غودمان في مدينة لوهافر الفرنسية المطلة على المحيط الأطلسي التي تعرضت لقصف جوي كثيف خلال الحرب العالمية الثانية دمر جزءا كبيرا منها ولما يتجاوز عمره آنذاك 20 عاما

درّس في عدد من الجامعات ومراكز البحث الأمريكية ونشر 8 كتب قيّمة ما بين 1958 و 2003 كلها تعتبر مراجع معتمدة في الرياضيات

انضم إلى فريق (بورباكي) الذي قدم خدمة جليلة للرياضيات الحديثة طوال القرن العشرين وكان هدفه وضع الرياضيات على أسس سليمة يرضى عنها رجال المنطق الرياضي

تجاوز هذا العمر ويتجدّد الفريق بتصويت الأعضاء القدماء. ولا شك أن "بورباكي" تبنى هذه القاعدة باعتبار أنه قلما نجد نظرية جميلة في الرياضيات اكتشفها صاحبها بعد تجاوز تلك السن. كما أن المتفق عليه أن تظل أسماء المنتسبين إلى الفريق سرًا وأن تصدر المؤلفات بالاسم المستعار "نيكولا بورباكي".

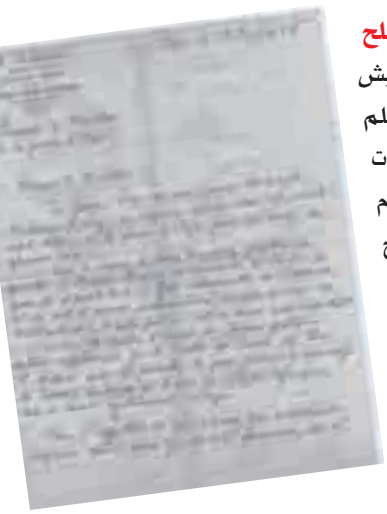
لم يكن غودمان مدرّسا متميزا بسبب صوته المتلعثم أمام السبورة، لكن مضمون محاضراته كان قيما ويُقدَّم بأسلوب أشبه بأسلوب «بورباكي» المتسم بالدقة والمتانة المنطقية. وعلى الرغم من أن كتبه ألفت بالفرنسية، ثم ترجمت بصفة خاصة إلى الإنكليزية فإنه كان يحث الطلبة دائما خلال دروسه على الاطلاع على مؤلفات بالإنكليزية والروسية والألمانية.

مواقفه السياسية

كان غودمان يُعرف بالتزامه السياسي؛ وفي هذا السياق يُروى أنه كان يسعى دائما خلال إلقاء محاضراته إلى إبداء آرائه فيما يجري في العالم. فعلى سبيل المثال، كان خلال حرب فيتنام يستهل محاضراته في الجبر بالقول: «دعنا نتذكر عملية الجمع»... ثم يقيم جدولا إحصائيا يُظهر عدد القتلى أثناء معارك هذه الحرب.

كما عُرف غودمان خلال الخمسينيات وبداية الستينيات من القرن الماضي بموقفه الصريح المناهض للاستعمار وللحرب التي كانت تشنها فرنسا ضد الجزائر، بل نادى آنذاك بتحرير هذا البلد. ولما استقلت الجزائر عام 1962 قرر غودمان التدريس في جامعتها سنة 1963-1964 لمساعدة هذه الجامعة التي فرّ منها طاقمها الفرنسي، وكانت تفتقر إلى الأساتذة، وبصفة خاصة أساتذة الرياضيات. وألف غودمان عندئذ كتابا من جزءين أهداه إلى الاتحاد العام للطلبة الجزائريين الذي طبعه عام 1964.

وعندما كان غودمان أستاذا في جامعة السوربون عام 1958 كان من بين طلبته جزائري، يدعى محمد رزوق، يعمل في الخفاء مناضلا يجند الطلبة الجزائريين في فرنسا للانضمام إلى صفوف ثورة التحرير، وأسس مع زملائه اتحاد الطلبة الجزائريين المعروف. ثم ألقي عليه القبض في فرنسا وسجن هناك. وعندما سمع غودمان بسجنه راسل مدير السجن في رسالة من صفحتين يوم 27 أكتوبر 1958 يطلب إليه فيها بأن يسمح للسجين بالحصول على الكتب والمحاضرات وبإمكانية إرسال حلول المسائل والفروض إلى أساتذته بالجامعة.

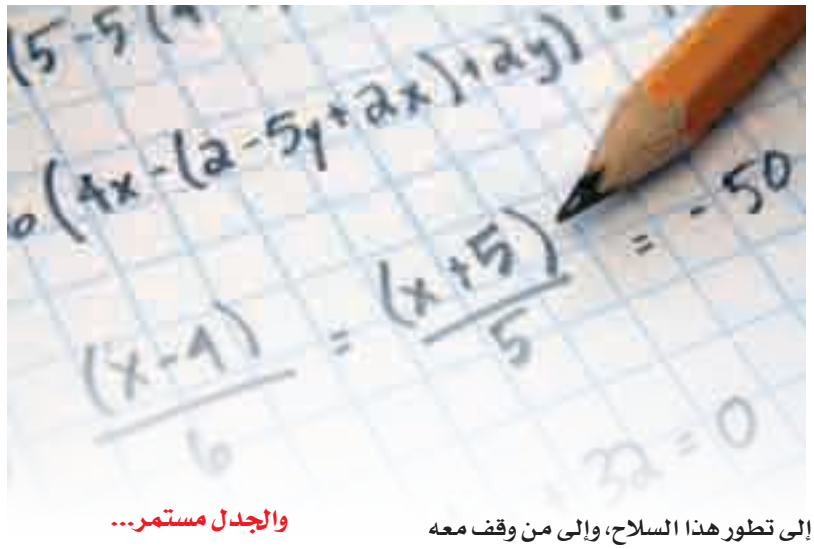


موقفه ضد التسلح

كان غودمان يعيش هاجسا قويا؛ فالعلم بصفة عامة والرياضيات بصفة خاصة تخدم انتشار السلاح وتطوير صناعته وتكنولوجيته، وهو ضد هذا «التعاون» بين العلم والتسلح. وفي الوقت نفسه احتار في كيفية التوفيق بين مواصلة البحث في شتى العلوم مع العمل على الحد (بل الامتناع) عن تقديم يد العون لصناعة السلاح، باعتبار أن العالَم يحتاج إلى السلام وإعانة المستضعفين وليس إلى تطوير آلات الدمار!

ألّف غودمان بعد تقاعده سلسلة من الكتب القيمة في التحليل الرياضي باللغة الفرنسية، ثم ترجمت إلى الإنكليزية. نجد في أحد كتبه بابًا يضم نحو مئة صفحة عنوانه «العلم والتكنولوجيا والتسلح»، وهو في الواقع لا يمت بأي صلة لموضوع الكتاب. وكان قد كتب في مقدمة السلسلة أنه طلب إلى الدار الألمانية «شبرينغر» Springer عدم منعه من الغوص فيما يريد ضمن السلسلة فوافقت على طلبه.

وكتب موضوعا مستفيضا في 26 صفحة ثريا بالمراجع نجده في موقعه بعنوان «بدايات الأسلحة الكيميائية» تعرض فيه



إلى تطور هذا السلاح، وإلى من وقف معه وضد استعماله. والواقع أن هذا النص يستند إلى محاضرة ألقاها في ملتقى «من أجل تحريم السلاح الكيميائي» نظم في باريس يوم 6 يناير 1989. ولما سئل غودمان عن سبب إقحام النصوص الطويلة المنددة بالتسلح وعلاقتها بالرياضيات في كتبه التي تتناول مواضيع في الرياضيات البحتة، دافع عن رأيه مشيرا إلى أن المختص في الرياضيات البحتة له حظوظ ضعيفة جدا في أن ينجز عملا خارقا (في أهميته التدميرية) يضاهي صنع القنبلة الهيدروجينية. ويلاحظ غودمان أن صنع هذه القنبلة ما كان ليتحقق لولا مساهمة رياضيين كبار، مثل عالم الرياضيات البحتة ستان أولام (Stan Ulam 1909-1984). لكن ما ينتظر المختصين في الرياضيات بصورة عامة، شأنهم شأن الفيزيائيين والكيميائيين والبيولوجيين وغيرهم، هو أن يُطلب إليهم الإسهام في مشروعات صغيرة ذات طابع عسكري دون أن يشعروا بذلك أو في مشروعات عسكرية كبرى تقدَّم إليهم على أنها مشروعات علمية محضة.

من الصعب أن نميز بين الرياضيات المفيدة للصناعة العسكرية «المدمرة» وبين الرياضيات «السلمية». يرى غودمان أن الأهم من الجدل في هذا التمييز هو سلوك الباحث : هل الباحث مستعد للتعاون مع مُصنِّع السلاح المدمر أم لا ؟

والجدل مستمر...

يولي بعض العلماء أهمية بالغة لما قدمه غودمان في الجزء الثاني من كتابه حول التحليل الرياضي حين تعرض إلى «العلم والتكنولوجيا والتسلح»، إذ طرح المسائل الأخلاقية بكل أبعادها وكتب من التوضيحات الدقيقة ما لم يكتبه غيره في هذا المجال .

ويقدر غودمان ما أنفقته الولايات المتحدة في موضوع السلاح النووي منذ 1939 حتى نهاية القرن العشرين بأكثر من 5500 مليار دولار. لكن خصومه يؤكدون أن ذلك كان ثمن الردع، أي ثمن عدم اندلاع حرب عالمية مدمرة ثالثة! لكن الجدل يتواصل بالقول إنه لم يكن ممكنا قط أن تدخل دولة مثل الاتحاد السوفييتي التي فقدت 20 مليون نسمة خلال الحرب العالمية، ودُمرت بنيتها التحتية، ناهيك عن ثقل تكفلها بـ 11 مليون جندي ظلوا مجندين نحو سنتين بعد تلك الحرب.

علينا ألا نغفل في هذا السياق معضلة أخرى في حال توقف البحث العلمي في المجال العسكري: سيؤدي ذلك إلى وضعيات صعبة في قطاعات عديدة، مثل قطاع المعلوماتية والطيران المدني والفضاء وميكانيكا السوائل، إلخ. ذلك أن التقدم الذي أحرزته العديد من المجالات كان في الواقع يرعاه ويدعمه البحث العلمي في المجال العسكري! ■

كتب بأحد كتبه بابًا ضم نحو مئة صفحة عنوانه «العلم والتكنولوجيا والتسلح» ناقش فيه الموضوع باستفاضة مع أنه لا يمت بأي صلة لموضوع الكتاب

كتب موضوعا مستفيضا في 26 صفحة ثريا بالمراجع في موقعه بعنوان «بدايات الأسلحة الكيميائية» استند فيه إلى محاضرة ألقاها في ملتقى «من أجل تحريم السلاح الكيميائي» بباريس عام 1989

استخدام البكتريا للحد من كراهية الأراضي للماء

د. خالد عباس الطرابيلي *

ثمة ظاهرة طبيعية معروفة للباحثين والعاملين في مجالات التربة وعلوم الحياة تتمثل في ظاهرة كراهية الأراضي للمياه (أو طرد التربة للمياه)، ولطالما عرفت بآثارها السلبية السيئة؛ لأن تلك النوعية من الأراضي تظل جافة وغير قابلة للبلل وغير قادرة على امتصاص واختزان الماء مدة طويلة على الرغم من توافر المياه أثناء الري وبعده، وخلال تساقط مياه الأمطار وبعده، إذ تظل المياه متجمعة على سطح التربة دون أن تنفذ إلى الأرض، ومن ثم تقلل من امتصاص النباتات للماء (الشكلان 1 و2). وثمة دراسة حديثة في الإمارات أجراها الباحث أظهرت نجاح طريقة جديدة في التعامل مع هذه الظاهرة والحد من آثارها.

*أستاذ الميكروبيولوجي المشارك، قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الإمارات .

(الشكل 2): مقارنة بين التربة المحبة للماء (الإناء الذي في اليسار- لاحظ نفاذ الماء إلى داخل التربة) و التربة الكارهة للماء (الإناء الذي في اليمين- لاحظ عدم نفاذ الماء إلى داخل التربة وبقاء قطرات المياه على سطح التربة دون أن تنفذ).

هناك ثلاثة أنواع من القوى تؤثر وتتحكم في نفاذية الماء إلى التربة:

1 - قوة الجاذبية الأرضية: وهي القوة التي تقوم بجذب الماء إلى الأسفل.

2 - قوة التماسك: وهي التي تعمل على تماسك جزيئات الماء بعضها مع بعض.

3 - قوة الالتصاق وهي التي تعمل على التصاق جزيئات الماء بالسطوح الأخرى مثل حبيبات التربة.

ويمكن توضيح تأثير هذه القوى على ظاهرة كراهية التربة للماء، وذلك بوضع قطره ماء على ورقة ترشيح عادية وقطرة ماء أخرى على ورقة ترشيح مغطاة بطبقة من الشمع. ففي حالة ورقة الترشيح غير المغطاة بالشمع تكون قوة الالتصاق بين جزيئات الماء وجزيئات ورقة الترشيح أكبر من قوة التماسك ، ومن ثم فإن جزيئات الماء تبلل الورقة وتنتشر من خلالها. أما في حالة ورقة الترشيح المغطاة بطبقة من الشمع فإن قطرة الماء لا تبلل سطح ورقة الترشيح وتبقى كما هي فوق السطح مكونة فقاعة أو خرزة Water Beads؛ لأن جزيئات الماء لا تنجذب إلى طبقة الشمع بل تنجذب إلى بعضها بعضا، باعتبار أن قوة تماسك جزيئات الماء مع بعضها تكون أكبر من قوة التصاق جزيئات الماء مع الشمع المغطى للورقة، ومن ثم فإن سطح ورقة الترشيح المغطاة بالشمع يطرد الماء، ويقال عنه إنه وسط كاره للماء.

ظاهرة كراهية الأرض للماء طبيعية تتمثل في بقاء الأراضي جافة و غير قادرة على امتصاص الماء على الرغم من توافره أثناء الري وخـلال تساقط الأمطار

تظل المياه متجمعة على سطح التربة دون أن تنفذ إلى الأرض ومن ثم تقلل من امتصاص النباتات للماء مسببة آثارا سلبية كبيرة

(الشكل 1): صورة توضح ظاهرة كراهية التربة للماء. يلاحظ وجود قطرة الماء على سطح التربة وعدم نفاذيتها إلى داخل التربة.

وهـذه الظـاهـرة السلبية منتشرة في العديد من الأراضي بمناطق متفرقة من العالم ، منها كندا وأستراليا والولايات المتحدة الأمريكية ، ولاسيما بعد مدد الجفاف الطويلة مسببة خسائر اقتصادية كبيرة؛ بسبب عدم صلاحية تلك الأراضي الكارهة للماء للزراعة.

للتربة الطاردة للماء زاوية تماس منفرجة مع الماء تساوي أو تكون أكبر من 90° مما يؤدي إلى حدوث نقصان في الخاصية الشعرية ومنع نفاذ الماء إلى التربة

إن للتربة الطاردة أو الكارهة للماء زاوية تماس منفرجة مع الماء تساوي أو تكون أكبر من 90° ، مما يؤدي إلى حدوث نقصان في الخاصية الشعرية، ومن ثمّ إلى منع نفاذ الماء إلى التربة. هذا بعكس التربة المحبة للماء Soils Hydrophilic أو التربة القابلة للبلل التي لها زاوية تماس حادة مع الماء أقل من 90° ، مما يؤدي إلى نفاذ الماء خلال التربة.

تعتمد ظاهرة كراهية التربة للماء أيضاً على مساحة سطح حبيبات الرمال ، إذ تتناسب هذة الظاهرة عكسيا مع مساحة سطح حبيبات التربة؛ أي إنه كلما قلت مساحة سطح حبيبات التربة زادت قابلية الأراضي لأن تكون كارهة للماء.

آثار سلبية

تؤدي ظاهرة كراهية التربة للماء إلى الآثار السلبية الآتية:

- الإقلال من نفاذية المياه اللازمة للزراعة، مما يؤدي إلى عدم وصول الماء إلى جذور النباتات، ومن ثم عدم صلاحية التربة للزراعة. وهذا يؤدي إلى خسائر كبيرة في الإنتاج الزراعي نتيجة الإقلال من إنبات البذور ومن نمو البادرات.
- الأمطار الغزيرة قد تؤدي إلى حدوث تعرية شديدة في تلك الأراضي نتيجة جريان المياه دون اختراقها للتربة، مما يؤدي إلى تكوين الشقوق والأخاديد في الأراضي، بمعنى وجود أمكنة فيها مياه وأمكنة أخرى جافة. وهذا يؤثر على توافر الماء وإنبات البذور ويؤدي إلى فقدان كميات كبيرة من الطمي الذي يساعد على خصوبة التربة.
- من الناحية الجيولوجية تؤدي وجود هذه الأراضي إلى زيادة معدل تعرية التربة، ومن ثم فقدان كميات كبيرة من طبقات التربة السطحية، مما يؤثر كذلك على الطبقات الأرضية السطحية وتحت السطحية وعلى استقرار تركيب الأراضي.
- تزداد فرصة تعرية الأراضي الكارهة للماء بسبب الرياح، وبالذات عندما يكون الإنتاج الزراعي ضعيفاً.
- تلوث المياه الجوفية بالمبيدات والأسمدة المستخدمة فى الزراعة نتيجة ذوبان هذه المركبات في الشقوق التي تتكون نتيجة جريان الماء فوق سطح التربة، ومن ثم تسّرع من هروب الأسمدة والمبيدات إلى أعماق التربة وإلى المياه الجوفية بدلاً من أن تصل إلى جذور النباتات مسببة تلوثاً بيئياً.
- عدم توافر المياه بالتساوي في تلك الأراضي يؤدي إلى زيادة الإنبات غير المتساوي في العمر؛ لأن البذور لا يحدث لها إنبات في وقت واحد ويحدث الإنبات في مناطق وأوقات متفرقة مما يؤدي إلى عدم تساوي نمو البادرات. وهذا قد يؤثر على الأراضي الزراعية وإنتاجية المحاصيل أثناء الحصاد وعلى جودة أراضي المراعي.

أسباب الظاهرة

تنشأ هذه الظاهرة نتيجة تغطية حبيبات التربة بمواد عضوية كارهة للماء، تتمثل في مواد شمعية وهيدروكربونات عديدة السلاسل وأحماض دهنية وألكانات وبارافنيات. وهذه المواد الشمعية تنتشر في التربة بسهولة ومن مكان إلى آخر خلال موسمي الصيف والشتاء.

وتذوب تلك المواد نتيجة حرارة فصل الصيف، ومن ثم تخترق حبيبات التربة، ثم تتجمد في الشتاء مكونة غطاء حول حبيبات التربة.

ويمكن تلخيص مصدر هذه المواد الكارهة للماء في المصادر الآتية (الشكل 3):

- تفرز الفطريات إنزيمات تقوم بتحليل نثار وركام الأوراق والأغصان الميتة التي تكسو أراضي الغابات خلال فصل الخريف والشتاء، مما يؤدي إلى خروج كميات كبيرة من المواد الدهنية والشمعية إلى التربة.
- تكوين كميات كبيرة من حامض الهيوميك والفولفيك على حبيبات التربة.
- المواد الدهنية والشمعية التي تنشأ نتيجة حرائق الغابات، إذ إن هذه الحرائق تؤدي إلى تطاير المواد الدهنية العضوية بما فيها الشموع من أوراق النباتات بعد حرقها. وهذه المواد الشمعية تخترق التربة في صورة غازية بعد الحرارة العالية الناجمة عن الحرائق، ثم تتجمد عندما تبرد مكونة طبقة شمعية كارهة للماء تحيط بحبيبات التربة (الشكل 4).
- المواد الدهنية التي تخرج من إفرازات جذور النباتات.
- خيوط الفطريات وبقايا التفاعلات الميكروبية في التربة التي تنشأ عن تحلل بقايا النباتات والمواد العضوية في التربة، والتي تؤدي إلى تكوين أحماض عضوية وعدائد السكريات ذات الأصل الميكروبي.
- بقايا الجذور المتحللة في التربة.
- تلوث الأراضي بالهيدروكربونات السائلة والمواد البترولية.
- الزراعة المستمرة للبقوليات مثل الترمس والبرسيم وبعض أنواع الحشائش في أراضي المراعي.

الكشف عن هذه الظاهرة

يتم الكشف عن هذه الظاهرة عن طريق تجربة اختبار اختراق قطرة الماء للتربة ، وهي تتم باختيار الأنواع المختلفة من الأراضي المراد الكشف عنها أو اختيار أعماق مختلفة من نفس نوع الأرض.

هناك العديد من الطرق المستخدمة للحد من هذه الظاهرة، ومن ثم تحسين خصائص التربة عن طريق زيادة نفاذية وانتشار الماء إلى داخل التربة الكارهة للماء. وهذه الطرق تتضمن الأساليب الآتية:

1 - استخدام هيدروكسيد الصوديوم.

2 - استخدام خليط من الأمونيا والإيزوبروبانول.

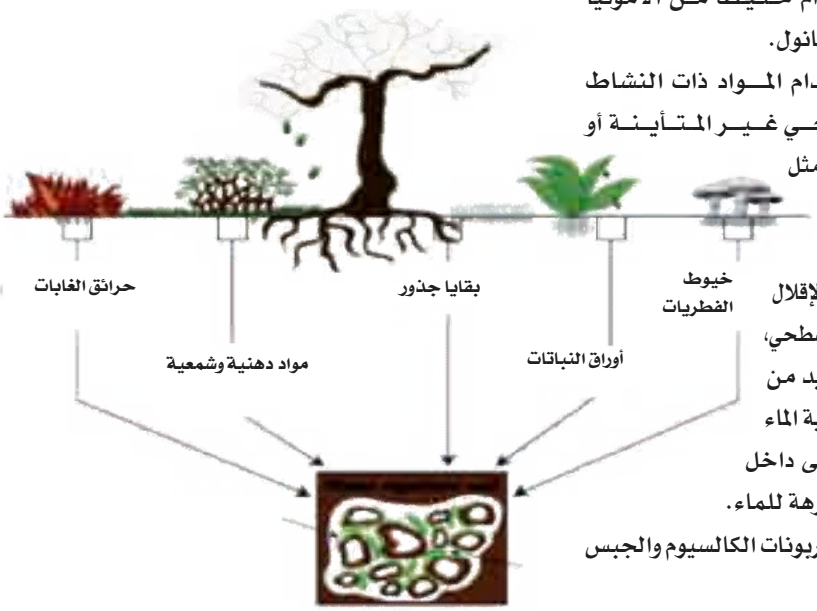
3 - استخدام المواد ذات النشاط السطحي غير المتأينة أو المواد المبللة مثل المنظفات الصناعية، والتي تقوم بالإقلال من التوتر السطحي، ومن ثم تزيد من معدل قابلية الماء للنفاذ إلى داخل التربة الكارهة للماء.

4 - استخدام كربونات الكالسيوم والجبس الزراعي.

5 - استخدام الطمي أو الطفل Clay الذي يزيد من المساحة السطحية للتربة ويقلل من وجود المواد الشمعية الكارهة للماء.

6 - خلط التربة الكارهة للماء بتربة أخرى محبة للماء منقولة من مكان آخر.

7 - إضافة الأسمدة الزراعية للتربة ، مما قد يزيد من أعداد ونمو الكائنات الحية المحللة للدهنيات والشموع والتي تعيش طبيعياً في التربة.



(الشكل 3): مخطط يوضح مسببات ظاهرة كراهية التربة للماء.

دراسة حديثة في الإمارات باستخدام طريقة بيولوجية للحد من كراهية الأراضي للمياه أثبتت نجاحها وتميزها عن كثير من الطرق الكيميائية

(الشكل 4): حرائق الغابات أحد الأسباب الرئيسية لظاهرة كراهية التربة للماء

8 - الإقلال من زراعة الأراضي لفترات زمنية طويلة بالبقوليات مثل الترمس والبرسيم.

9 - استخدام طرق زراعية حديثة للري تعتمد على إيصال الماء إلى أعماق التربة بواسطة أجهزة خاصة.

وتعتبر طريقة إضافة الطمي من أكثر الطرق المستخدمة لعلاج هذه الظاهرة، وهي تتم عن طريق إضافة كميات من الطمي (تراوح بين 100-200 طن للهكتار) وخلطها مع الأراضي الكارهة للماء لكنها طريقة مكلفة جداً مادياً.

دراسة جديدة

إن الجديد في الدراسة الحالية التي تم إجراء تجاربها في مختبرات قسم علوم الحياة بكلية العلوم في جامعة الإمارات هو الاعتماد على الطرق الميكروبيولوجية عن طريق استخدام البكتريا المحللة للدهنيات والمواد الشمعية، والتي تفرز الإنزيمات المحللة للدهنيات مثل Lipase.

في هذه الدراسة تم تحضير بيئة جديدة اسمها Beeswax Mineral Salts وهي تحتوي على شمع النحل كمصدر طبيعي للكربون، إضافة إلى بعض الأملاح مثل نترات البوتاسيوم، وسلفات المغنسيوم، وكلوريد الصوديوم، وكربونات الكالسيوم، وفوسفات البوتاسيوم الثنائي. لتحضير هذه البيئة تم غلي شمع النحل على النار في حمام مائي، ثم غسله بالماء أربع مرات لإزالة أي أثر لمواد سكرية ثم تركه يبرد. تمت بعد ذلك إضافة محلول الأملاح إلى شمع النحل في لتر من الماء المقطر وإضافة الآجار إليها.

جرت تربية جميع البكتريا التي تم عزلها من التربة على هذه البيئة الصلبة مدة 3 أسابيع عند درجة حرارة 28°م. بعد انتهاء فترة الحضانة تم اختيار أفضل أنواع البكتريا التي استطاعت أن تنمو بسهولة وبكثافة شديدة على الشمع مؤكدة قدرتها على تحليل الشمع كمصدر للكربون (الشكل 5).

ثم جرت تنمية هذه الأنواع القوية على بيئات سائلة عبارة عن مستخلص الشوفان، مضافاً إليه مستخلص الخميرة في مخمرات خاصة مدة أسبوع عند درجة حرارة 28°م، وذلك للحصول على كميات كبيرة من البكتريا تحتوي على تركيزات عالية من الخلايا (810 لكل 1 مل من المحلول). ثم خلطت هذه البكتريا السائلة في التربة الكارهة للماء لاختبار قدرة

ثلاث قوى تتحكم في نفاذية الماء إلى التربة هي قوة الجاذبية الأرضية وقوة تماسك جزيئات الماء مع بعضها وقوة الالتصاق

نوعية الأراضي ودرجة كراهيتها للماء بناء على اختبار اختراق قطرة الماء للتربة

الفئة	المدة اللازمة لنفاذ الماء بالثواني	نوعية الأراضي
0	5-0	غير كارهة للماء
1	60-5	كارهة للماء بدرجة بسيطة
2	600-60	كارهة للماء بدرجة متوسطة
3	3600-600	كارهة للماء بدرجة قوية
4	أكثر من 3600	كارهة للماء بدرجة قوية جدا

الدراسة أظهرت أن إضافة البكتريا المحللة للشمع إلى التربة تؤدي إلى الإقلال من ظاهرة كراهية التربة للماء ومن ثم الحد من الكلفة المالية العالية

البكتريا على الحد من هذه الظاهرة. تركت التربة مدة شهر في داخل البيوت الزجاجية في الأصص الزراعية، وجرى بعدها قياس درجة كراهية التربة للماء باستخدام اختبار اختراق قطرة الماء للتربة.

وجرى أيضاً اختبار عدة أنواع من البكتريا غير المحللة للشمع ، وذلك كدليل في هذه التجارب. وبعد مرور شهر وعند قياس خاصية كراهية التربة للماء لوحظ أن البكتريا المحللة للشمع قامت - بشكل معنوي – بالحد من كراهية التربة للماء مقارنة بالتربة التي تم فيها إضافة البكتريا غير المحللة للشمع أوالتربة غير المعاملة، مما يؤكد أن إضافة البكتريا المحللة للشمع كان لها تأثير معنوي وإيجابي في الحد من هذه الظاهرة.

إن استخدام هذه الطريقة البيولوجية أفضل بكثير من الطرق الكيميائية؛ وذلك لقدرة البكتريا المفرزة لهذه الإنزيمات والمعزولة أصلاً من الأراضي الكارهة للماء والموجودة طبيعيا ولكن بكميات قليلة على تحليل المواد الدهنية والشمعية، وذلك عند إعادة خلطها في التربة بكميات كبيرة وبتركيزات عالية بعد تربيتها في مخمرات خاصة.

أثبتت الدراسة أيضا أن إضافة البكتريا المحللة للشمع إلى التربة تؤدي إلى الإقلال – بشكل كبير- من ظاهرة كراهية التربة للماء ، وأنه يمكن استخدامها للحد من هذه المشكلة بدلاً من الطرق الكيميائية المكلفة مادياً. وتعتبر هذه الدراسة على حد علمنا هي الدراسة الأولى التي تشتمل على استخدام بكتريا محللة للمواد الدهنية والشمعية في معالجة الأراضي الكارهة للماء عن طريق تربيتها في المختبرات، وإعادة خلطها مع التربة واستخدامها مرة أخرى بكميات كبيرة وبتركيزات عالية للقضاء على الظاهرة السلبية التي تحد من الإنتاج الزراعي.

إن الطرق الكيميائية المستخدمة لعلاج هذه الظاهرة تتطلب الاستخدام المتكرر حتى يكون لهذه المواد تأثير إيجابي، وذلك بعكس استخدام البكتريا التي يمكن الاعتماد عليها مرة واحدة؛ لقدرة البكتريا على التكاثر في التربة طبيعيا وفي مدد قصيرة ، ولاسيما عندما توجد المواد الدهنية والشمعية التي يمكن أن تستخدمها البكتريا كغذاء لها، مما يجعل هذه الطريقة مجدية اقتصاديا أيضا. ■

(الشكل 5): صورة توضح نمو البكتريا الخيطية على البيئة التي تحتوي على شمع النحل. إن نموهذه الكائنات يعني أنها تستخدم الشمع كمصدر أساسي لغذائها.

الموارد الطبيعية والأمن الغذائي ومستقبل البشرية

نواف الناصر *

هل ستكون قدرة البشر على إطعام أنفسهم في المستقبل معرضة للخطر بسبب الضغط الشديد على الموارد الطبيعية وتزايد عدم المساواة وآثار التغير المناخي؟ وكم ستبلغ كلفة التوسع في إنتاج الغذاء والنمو الاقتصادي على البيئة الطبيعية؟ وهل ستختفي نصف الغابات التي غطت الأرض في يوم من الأيام؟ وهل ستتعرض مصادر المياه الجوفية للنضوب بسرعة؟ ويتآكل التنوع البيولوجي بصورة كبيرة؟

تلك الأسئلة التحذيرية وغيرها من الأمور المتعلقة بالموارد الطبيعية والأمن الغذائي ومستقبل البشرية ودور بني البشر في ذلك كله، كانت محور تقرير حديث أطلقته منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) من مقرها في روما، مستهدفة من خلاله تسليط الضوء على تلك الموضوعات المهمة لمستقبل البشرية، وبقاء أبنائها على قيد الحياة.

* إعلامي وكاتب، (الكويت)

ووفق التقرير الذي صدر بعنوان (مستقبل الأغذية والزراعة: توجهات وتحديات)، فمن المرجح أن يبلغ عدد سكان العالم 10 مليارات نسمة بحلول عام 2050. وفي سيناريو نمو اقتصادي معتدل، فإن هذه الزيادة في عدد السكان ستزيد من الطلب العالمي على المنتجات الزراعية بنسبة 50% مقارنة بالمستويات الحالية، وهو ما سيزيد من الضغوط على الموارد الطبيعية الشحيحة أصلاً.

وفي الوقت نفسه، فإن أعداداً أكبر من الناس ستتناول حبوباً أقل وكميات أكبر من اللحوم والفواكه والخضراوات والأطعمة المصنعة، وذلك نتيجة التحول الغذائي العالمي السائد حالياً، وهو أمر سيضيف إلى تلك الضغوط بما يؤدي إلى زيادة في إزالة الغابات وتدهور الأراضي وانبعاث غازات الدفيئة.

جهود لتقليص الجوع

إن التوجه الحالي السائد لدى البشرية في التعامل مع الموارد الطبيعية، ربما يتجاوز قدرة كوكب الأرض على التحمل، وفق ما كتبه المدير العام (للفاو) جوزيه غرازيانو دا سيلفا، في مقدمة التقرير، مضيفا إنه إلى جانب هذه التوجهات، سيشكل تغير المناخ عوائق إضافية؛ لأنه سيؤثر على كل جوانب الإنتاج الغذائي. وتشمل هذه العوائق تقلبات هطول الأمطار وزيادة في حالات الجفاف والفيضانات.

وعلى الرغم من تحقيق تقدم حقيقي وكبير في جهود تقليص الجوع في العالم خلال السنوات الثلاثين الماضية، فإن «كلفة التوسع في إنتاج الغذاء والنمو الاقتصادي كانت غالباً عالية على البيئة الطبيعية»، وفق التقرير. كما أن نحو نصف الغابات التي غطت الأرض في يوم من الأيام قد اختفت الآن، في حين تنضب مصادر المياه الجوفية بسرعة ويتآكل التنوع البيولوجي بصورة كبيرة.

يتوقع بلوغ عدد سكان العالم 10 مليارات نسمة عام 2050 مما سيزيد من الطلب العالمي على المنتجات الزراعية بنسبة 50% مقارنة بالمستويات الحالية

تغير المناخ سيشكل عوائق إضافية في تأثيره على جوانب الإنتاج الغذائي تشمل تقلبات هطول الأمطار وزيادة في حالات الجفاف والفيضانات

وفي ضوء ذلك كله، فإن قدرة البشر على إطعام أنفسهم في المستقبل معرضة للخطر بسبب الضغط الشديد على الموارد الطبيعية وتزايد عدم المساواة وآثار التغير المناخي.

قدرة البشر على إطعام أنفسهم معرضة للخطر بسبب الضغط الشديد على الموارد الطبيعية والتغير المناخي والعالم بحاجة لتحولات رئيسية في أنظمة الزراعة وإدارة الموارد الطبيعية إذا أراد التصدي للتحديات التي يواجهها

الإنتاجية وموارد الطعام

وبالنظر إلى المجال المحدود لاستخدام الزراعة النامية للمزيد من الأراضي وموارد المياه، فإن الزيادة في الإنتاج المطلوبة لتلبية الطلب المتنامي على الغذاء لن تتحقق إلا من خلال تحسين الإنتاجية وفعالية استخدام الموارد، كما يرى التقرير، مضيفا إن هناك مؤشرات مقلقة تظهر أن النمو في إنتاج المحاصيل الرئيسية يستقر عند مستواه. فمنذ تسعينيات القرن العشرين لم يزد إنتاج الذرة الصفراء والأرز والقمح على المستوى العالمي إلا أكثر بقليل من 1% سنوياً.

واستمرار الوضع على ما هو عليه ليس خياراً مناسبا لمواجهة التحديات الواردة في التقرير.

لذا يرى التقرير أن العالم بحاجة إلى إجراء تحولات رئيسية في أنظمة الزراعة والاقتصادات الريفية وإدارة الموارد الطبيعية إذا أراد التصدي للتحديات التي يواجهها، والاستفادة من كامل طاقات الأغذية والزراعة لضمان مستقبل صحي وآمن لجميع الناس وكوكب الأرض بكامله.

ويقول إن أنظمة الزراعة ذات المدخلات العالية والاستخدام الكثيف للموارد، والتي تسببت في إزالة الغابات بصورة كثيفة وندرة المياه ونضوب التربة ومستويات عالية من انبعاث غازات الدفيئة، لن توفر إنتاجاً غذائيا وزراعياً مستداماً.

ويتمثل التحدي الرئيسي الذي يواجه البشرية في إنتاج المزيد بموارد أقل، مع حماية وتعزيز سبل معيشة المزارعين الأسريين وأصحاب الحيازات الصغيرة، وضمان حصول أكثر الناس ضعفا على الطعام. ولتحقيق ذلك ينبغي استخدام نهج ثنائي يجمع بين الاستثمار في الحماية الاجتماعية – لمعالجة نقص التغذية فوراً – والاستثمار في نشاطات إنتاجية لمصلحة الفقراء – لاسيما في الزراعة والاقتصادات الريفية – لزيادة فرص تحقيق الدخل للفقراء.

منظومات الغذاء والتحولات الكبرى

إن السؤال الرئيسي الذي يطرحه تقرير (الفاو) هو: هل ستكون الزراعة ومنظومات الغذاء في العالم قادرة في المستقبل على تلبية حاجات سكان العالم المتزايد بصورة مستدامة؟

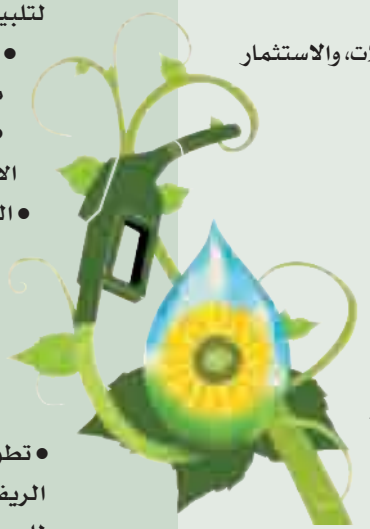
والجواب عن هذا السؤال هو: نعم، تستطيع منظومات الغذاء ذلك، لكن إطلاق هذه الإمكانية، وضمان استفادة البشرية بكاملها يتطلب ما يسميه التقرير "تحولات كبرى". ويلخص ذلك بالقول إنه من دون الاندفاع نحو الاستثمار في منظومات الغذاء وإعادة تنظيمها، سيظل الكثير من الناس جوعى عام 2030، وهو العام الذي حددته أجندة أهداف التنمية المستدامة للقضاء على انعدام الأمن الغذائي المزمن وسوء التغذية.

اتجاهات وتحديات

حدد التقرير 15 اتجاها و10 تحديات تؤثر على منظومات الغذاء العالمية هي:

التوجهات

- سكان العالم تتزايد أعدادهم بسرعة ويتميزون بنقاط النمو الساخنة، والانتقال إلى المدن، والشيخوخة.
- توجهات متنوعة في النمو الاقتصادي، ودخل العائلات، والاستثمار الزراعي، وانعدام المساواة الاقتصادية.
- زيادة المنافسة على الموارد الطبيعية.
- التغير المناخي.
- ثبات الإنتاجية الزراعية.
- الآفات العابرة للحدود.
- زيادة النزاعات والأزمات والكوارث الطبيعية.
- الفقر المستمر وانعدام المساواة وانعدام الأمن الغذائي.
- التحول الغذائي الذي يؤثر في التغذية والصحة.
- تغييرات هيكلية في الأنظمة الاقتصادية وتأثيرات التوظيف.
- زيادة الهجرة.
- الأنظمة الغذائية المتغيرة والتأثيرات الناتجة على أسر المزارعين.
- خسارة وهدر مستمر في الأغذية.
- آليات دولية جديدة للحوكمة للتعامل مع قضايا الأمن الغذائي والتغذوي.
- تغيرات في التمويل الدولي المقدم لتنفيذ مشروعات التنمية.



التحديات

- تطوير الإنتاجية الزراعية بصورة مستدامة لتلبية الطلب المتزايد.
- ضمان قاعدة موارد طبيعية مستدامة.
- معالجة تغير المناخ وتحديد الأخطار الطبيعية.
- القضاء على الفقر المدقع والحد من انعدام المساواة
- القضاء على الجوع وجميع أشكال سوء التغذية.
- تحسين فعالية وشمولية ومرونة المنظومات الغذائية.
- تطوير فرص كسب الدخل في المناطق الريفية ومعالجة الأسباب الجذرية للهجرة.
- بناء القدرة على التكيف مع الأزمات والكوارث والنزاعات الطويلة الاجل.
- منع تهديدات الزراعة العابرة للحدود والناشئة وتهديدات الأنظمة الغذائية.
- معالجة الحاجة إلى حوكمة دولية ووطنية متسقة وفعالة.

ويقول التقرير: «من دون جهود إضافية لنشر التنمية لمصلحة الفقراء وتقليص عدم المساواة وحماية الناس الضعفاء، سيكون هناك أكثر من 600 مليون شخص يعانون من نقص التغذية في عام 2030». وفي الواقع، فإن معدل التقدم الحالي لن يكون كافيا للقضاء على الجوع حتى بحلول عام 2050.

منظومات مستدامة

إن العالم سيحتاج إلى الانتقال إلى أنظمة غذائية أكثر استدامة، بحيث يكون بالإمكان الاستفادة بصورة فعالة من الأراضي والمياه وغيرها من المدخلات الزراعية والحد من استخدام الوقود الأحفوري، وبما يؤدي إلى انخفاض انبعاثات غازات الدفيئة والحفاظ على أكبر قدر ممكن من التنوع البيولوجي والحد من الهدر. ووفق التقرير، فإن هذه الخطوة تتطلب المزيد من الاستثمارات في الأنظمة الزراعية والغذائية الزراعية، و زيادة الإنفاق على البحث والتطوير بهدف تعزيز الابتكار ودعم زيادة الإنتاج المستدام، وإيجاد طرق أفضل للتكيف معَ المشكلات الأخرى مثل شح المياه والتغير المناخي.

وإضافة إلى زيادة الإنتاج والقدرة على الصمود، فمن المهم أيضاً إيجاد سلاسل إمداد غذائية تساعد على وصول المزارعين في الدول المنخفضة والمتوسطة الدخل إلى الأسواق الحضرية بصورة أكثر فاعلية، إلى جانب وضع تدابير تضمن حصول المستهلكين على أغذية مغذية وآمنة بأسعار معقولة، مثل فرض سياسات التسعير وبرامج الحماية المجتمعية، وفق ما يقترح التقرير. ■

يحتاج العالم للانتقال إلى أنظمة غذائية أكثر استدامة بحيث يكون بالإمكان الاستفادة بصورة فعالة من الأراضي والمياه وغيرها من المدخلات الزراعية والحد من استخدام الوقود الأحفوري

الروبوتات الطبية
مباضع الجراحة والجمال

م. محمد القطان *

لطالما حلم الأطباء بالاستعانة بأجهزة وأدوات دقيقة تساعدهم على عمليات الجراحة الدقيقة والمرهقة، وتعينهم على الوصول إلى أمكنة صعبة في جسم الإنسان، مع إجراء عدد من العمليات في آن معا، بهدف التخفيف من الأعباء عليهم، وتحقيق نتائج باهرة في العمليات الجراحية المتنوعة.

وقد أسهمت التطورات العلمية المتسارعة في تطور تلك الأجهزة المستخدمة في العمليات، وبصورة خاصة الروبوتات (الإنسان الآلي)، حيث أصبح الجراحون يرون المناطق التي يجرون لها العمليات الجراحية بأبعادها الثلاثة ويدققون في تفاصيلها العديدة، ويستطيعون التمييز بين ما تحويه من أعصاب وأوعية دموية وشعرية دقيقة، ومن ثم الإسراع في عمليات البرء والشفاء والحد من التكاليف المادية.

* استشاري هندسي وكاتب علمي، (الكويت).

استخدامات متطورة

أدت الاستخدامات المتطورة للروبوتات في المجال الطبي إلى نتائج عديدة، انعكست على الطبيب والمريض من جهة، والنواحي الاقتصادية والاجتماعية والنفسية من جهة أخرى؛ فقد أدت إلى تقليل فترة النقاهة، وتخفيف درجات الألم واستخدام الأدوية المختلفة، وزيادة نجاح العمليات الدقيقة، وسرعة خروج المرضى من المستشفيات، وتخفيف الإنفاق الحكومي على الرعاية الطبية، وتحسين الحالة النفسية والمزاجية للمرضى، والحد من الأخطاء الطبية.

وأحدث التطورات العلمية في مجال الروبوتات الطبية تتضمن استخدام روبوتات النانوتكنولوجي، وهي روبوتات متناهية في الصغر تدخل أجسام المرضى وتؤدي عملها من الداخل من دون حاجة إلى إجراء عمليات شق للمرضى أو إفقادهم للوعي. وهذا الجيل من الروبوتات الطبية سيدخل إلى أجسام المرضى من خلال الآذان أو العيون أو الأجهزة التنفسية لتجري العمليات الجراحية المناسبة وتطرح الدواء المناسب، وتأخذ عينات من النسج المختلفة.

الجراحات المغلقة

يمكن للروبوتات إجراء عمليات جراحية عديدة عن طريق تنظير البطن، ومن ثم فإن كل الجراحات التي يعرفها العامة باسم الجراحات المغلقة يمكن إجراؤها بالروبوت. وهذه العمليات تشمل عدداً كبيراً من الجراحات، من جراحة البروستاتا إلى جراحة القلب والأوعية الدموية، ومن جراحة المرارة إلى جراحات النسائية والتوليد.

وهنالك جراحة رائجة حاليا تسمى (الجراحة القليلة التوسع) تستهدف إتمام الجراحة الضرورية لصحة وسلامة المريض مع الحفاظ على الأنسجة المجاورة دون إضرار، وهذا أمر مهم جداً لصحة المريض، ولنجاح الجراحة وتقليل الآثار الجانبية.

وعلى سبيل المثال فإن الجراح يفتح عادة فتحة طولها بضعة سنتيمترات في بطن مريض ما، يعاني ورماً في معدته أو أمعائه ليُدخل منها روبوتاً بالغ الصغر مزوداً بكاميرا، فيجوب أحشاء المريض وفق رغبة الطبيب الذي يتحكم فيه. واستناداً إلى الصور الملتقطة، المرسلة إلى شاشة خارجية كبيرة، وإثر اكتشاف مكان الورم ينشط الجراح مجرفة بالغة الصغر يخرجها من الروبوت، وبإجراء بضع مناورات دقيقة يوجهه إلى كشط الورم ثم يعيد المجرفة إلى مكانها،

بواسطة الروبوتات أصبح الجراحون يرون المناطق التي يجرون لها العمليات الجراحية بأبعادها الثلاثة ويدققون في تفاصيلها العديدة

صار الروبوت يستخدم في عمليات التجميل المتنوعة التي يرغب في إجرائها الرجال والنساء بما في ذلك تجميل البشرة وزراعة الشعر وعمليات نحت الجسم وإزالة الترهلات وشد الجسم

روبوتات النانوتكنولوجي المتناهية في الصغر تدخل أجسام المرضى وتؤدي عملها من الداخل من دون حاجة لإجراء عمليات شق للمرضى أو إفقادهم للوعي

الروبوتات تساعد الجراحين على التمييز بين ما تحويه من أعصاب وأوعية دموية وشعرية دقيقة إضافة إلى خفض التكاليف وسرعة الشفاء

مزايا استعمال الروبوت طبيا

- ❖ يمنح الروبوت للطبيب الجرّاح درجة حريّة قصوى وقدرة حركية أفضل مما يُتيح له تنفيذ حركات لا تستطيع اليد البشرية إجراءها.
- ❖ يد - ذراع الروبوت أقوى وأكثر ثباتًا من اليد البشرية.
- ❖ الصورة التي تنقلها الكاميرا للطبيب الجرّاح هي صورة ثلاثية الأبعاد مكبّرة، تُسهل عملية العثور على الورم وعلاجه.
- ❖ العملية الجراحيّة بواسطة الروبوت تكون أقل توغلاً من العملية الجراحية العادية؛ لأن الجروح في جدار البطن أصغر بكثير من الجروح في عملية جراحية عادية.
- ❖ الشفاء يكون أسرع وعدد أيام المكوث في المستشفى يكون أقل بكثير.
- ❖ النزيف من موضع العملية قليل جدًا وفترة الانتعاش من العملية تكون قصيرة بشكل خاص.

ويخرج الروبوت من جسم المريض ويرسل الورم المستأصل إلى المختبرات لدراسته مجهرياً، فيما يعود المريض إلى منزله في ذات اليوم.

فضلا عن ذلك صار الروبوت يستخدم في عمليات التجميل المتنوعة التي يرغب في إجرائها الرجال والنساء على حد سواء، بما في ذلك تجميل البشرة وزراعة الشعر وعمليات نحت الجسم وإزالة الترهلات وشد الجسم.

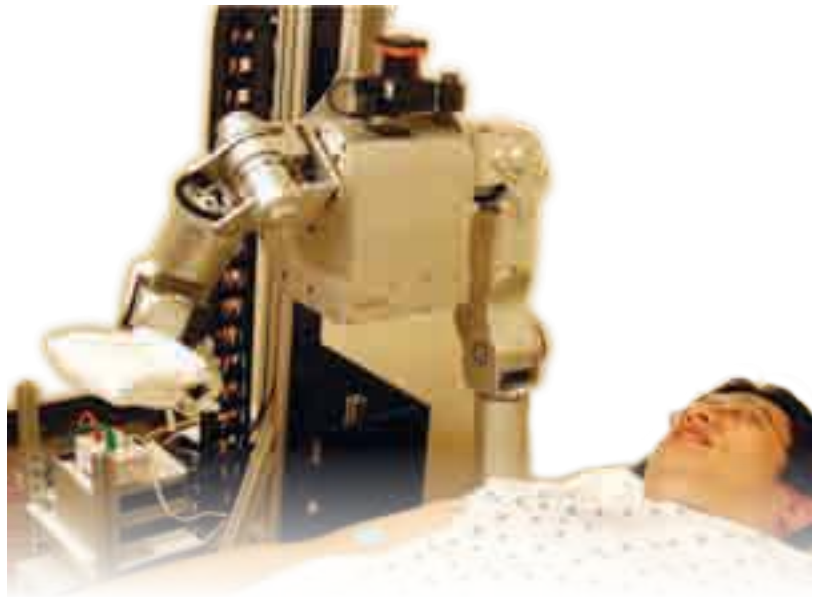
نظام دافينشي الجراحي

من أشهر النظم الروبوتية التي اشتهر تطبيقها في العالم (نظام دافينشي الجراحي) الذي يعتمد على استخدام الروبوتات في العمليات الجراحية ويستفيد منه الأطباء استفادة كبيرة في التشخيص والمعالجة، وتم بواسطته إجراء أول عملية جراحية في 1999.

ففي الولايات المتحدة تمتلك معظم المستشفيات (نظام دافينشي الجراحي)، ويخضع نحو مليون مريض للعمليات الجراحية الروبوتية حاليا، لاسيما بعد أن أقرت وكالة الغذاء والدواء الأمريكية استخدام الروبوت دافينشي في إجراءات مختلفة بدءا من الجراحة القلبية التجسيرية وحتى جراحة حرقة المعدة.

وتجري الروبوتات حالياً 10 % من جراحات استئصال سرطان البروستات وهذه النسبة في ارتفاع مستمر. وتم تطوير روبوتات دافينشي لتسمح للأطباء بإجراء عمليات جراحية عن بعد لرواد الفضاء والجنود في ساحات القتال.

وبالنسبة للجراحين، تعتبر هذه الروبوتات نتيجة طبيعية لتطور ما يعرف بجراحة الشق الصغير، التي تشتمل على استخدام كاميرات وأدوات جراحية مثبتة في أنبوب طويل يسمح للجراحين بإجراء العملية



داخل الجسم عبر شقوق صغيرة من دون الحاجة إلى فتح البطن والصدر. ويتمثل الفارق الأساسي بين جراحة الشق الصغير التقليدية وجراحة الروبوت دافنشي في أن الروبوت هو الذي يحمل الكاميرا والأدوات الجراحية، وهذا يساعد الجراح على العمل بارتياح دون تعرضه للتعب أو ارتعاش يديه مع إتاحة رؤية واضحة لمكان العملية.

في الأعوام الأخيرة تطورت الروبوتات تطورا كبيرا ودخلت في كثير من المجالات التي كانت حكرا على الإنسان. فأصبحت من الدقة والمظهر الخارجي كما الإنسان بالشكل بحيث لاتشعر بها أنها آلة تتحرك وفق البرمجة التي ضبطت عليها. وأصبح مألوفا ببعض الأمكنة أن يستقبلك الروبوت ويرحب بك.

و هذه الطفرة في التطور المذهل للروبوتات يتوقع استمرارها مع التطور الهائل الذي تشهده العلوم لاسيما في مجال الحواسيب والذكاء الصنعي. ■

صار الروبوت يستخدم في عمليات التجميل المتنوعة التي يرغب في إجرائها الرجال والنساء على حد سواء بما في ذلك تجميل البشرة وزراعة الشعر وعمليات نحت الجسم وإزالة الترهلات

نظام دافينشي الجراحي يعتمد على استخدام الروبوتات في العمليات الجراحية ويستفيد منه الأطباء في التشخيص والمعالجة وتم بواسطته إجراء أول عملية جراحية في 1999

أسئلة العلم التي فتحت آفاق المعرفة

ماذا لو لم تسقط التفاحة؟

د. عمّار العاني *

تراكمت المعرفة الإنسانية وبخاصة العلمية على مدى أكثر من عشرة ألفيات، هو تقريباً عمر التدوين المعروف. وبينما كان الدافع الأساسي لهذا التراكم هو تلبية حاجات البشر وتحسين ظروف معيشتهم، كانت الوسيلة لتحقيقه - ولا تزال - هي تلك القدرة الفريدة للكائن البشري على طرح الأسئلة، إنه "السؤال" الذي يدفعنا دائماً في هذه المغامرة المعرفية.

"كيف" يمكننا التحكم فيما تنتجه التربة توقيتاً ومحصولاً هو أصل الثورة الزراعية الأولى، "لماذا" تساعد عشبة معينة على تخفيف آلام معينة هو بداية علم الطبابة، "أين" هو اتجاه الشمال في القبة السماوية أطلقه علم الفلك، مئات الأسئلة دفعت بعلوم اللغة والهندسة والفلسفة وحتى الأساطير، أسئلة من نوع كيف وأين ولماذا ومتى...

* خبير في الفنون الرقمية والموسيقى، (قطر)

1 - إننا نطرح الأسئلة لأننا لا ندرك الحقائق الأم، وإنما مجرد ظلال وانعكاسات لها وهو جلّ ما تقدمه حواسنا ووعينا، لذا تبقى هذه الأسئلة قاصرة ومحكومة بضيق الأفق.

بينما كان الدافع الأساسي للتراكم المعرفي تلبية حاجات البشر كانت الوسيلة لتحقيقه ولا تزال هي القدرة الفريدة للكائن البشري على طرح الأسئلة

وعلى الرغم من الفتوحات المذهلة التي قدمتها الإجابات المتراكمة، تبقى هذه الأسئلة قاصرة في جوهرها، فهي تعتمد في نهاية المطاف على ما تقدمه الطبيعة من معلومات لحواسنا المختلفة لتبدأ بعدها عملية التحليل والإدراك، وهذا المنهج قاصر حتماً كما جادل أفلاطون في كتاب (الجمهورية) عندما شبه الشرط الإنساني بسكان كهف محاطين بجدرانه الصماء من كل الجهات ما عدا فتحة صغيرة تتسرب منها بعض الخيالات والأصوات والروائح، وهم مطالبون ببناء تصور عن شكل العالم الحقيقي خارج الكهف انطلاقاً فقط من هذه المعلومات والانعكاسات. وأفلاطون يقترح بأننا نطرح الأسئلة أصلاً بسبب عجز أساسي في إدراك مطلق ولحظي للحقيقة الكاملة، ولأننا لا نملك سوى شذرات متفرقة تجمعها حواسنا وخبراتنا عن واقع هو بعيد عن الفهم وخارج كهفنا البشري (الشكل 1).

عندما حاول أفلاطون نفسه الإجابة عن سؤال "ما هي مكونات المادة؟"، ذهب إلى اعتبار العناصر الأساسية هي الهواء والنار ولها نزعة للارتقاء نحو السماء، والماء والتراب حيث النزعة للاستقرار في الأرض. ومن المفارقة أن يقع أفلاطون هنا في ذات المطب الذي وصّفه سابقاً، فيكون أسير التفسيرات الحسيّة القاصرة. وبخلاف نمط الأسئلة السابقة، استطاع العقل البشري في مناسبات قليلة طرح سؤال من نوع آخر تماماً، سؤال أكثر تحرراً من معظم القيود، وهو :"ماذا لو...؟". ماذا لو كانت الشمس في المركز؟ ماذا لو كان للعدد -١ جذر تربيعي؟ ماذا لو كان الزمن نسبيا؟...

لم تُطرح هذه الأسئلة كقفزة في فراغ بالطبع، بل كان لها ما يبررها في كل مرة، لكن ذلك لا يلغي تميّزها النوعي، فسؤال "ماذا لو؟" يستحضر مهارة من نوع آخر تماماً، فهو يتطلب الكثير من الخيال بدل التحليل، والربط العقلي المنطقي بدل التفسير الحسي،

سؤال «ماذا لو؟» يستحضر مهارة بشرية تتطلب الكثير من الخيال بدل التحليل والربط العقلي المنطقي بدل التفسير الحسي

افترض ديكارت وجود نسخة أخرى من الأعداد تصطف على محور آخر يعامد الأول فتخلق مساحة رسم هندسية تدعى اليوم جملة إحداثيات ديكارتية مؤسساً بذلك علماً جديداً هو الهندسة التحليلية

إنه يتطلب ابتكارَ واقع بديل صاف محصّن عن تلوث الحواس، واقع لا يخضع إلا لصرامة المنطق وفعالية البرهان، وفي كل مرة كان تراكم المعرفة الحسية يصل إلى طريق مسدود، كان هذا السؤال ينقل البشرية إلى بداية طريق جديد كلياً.

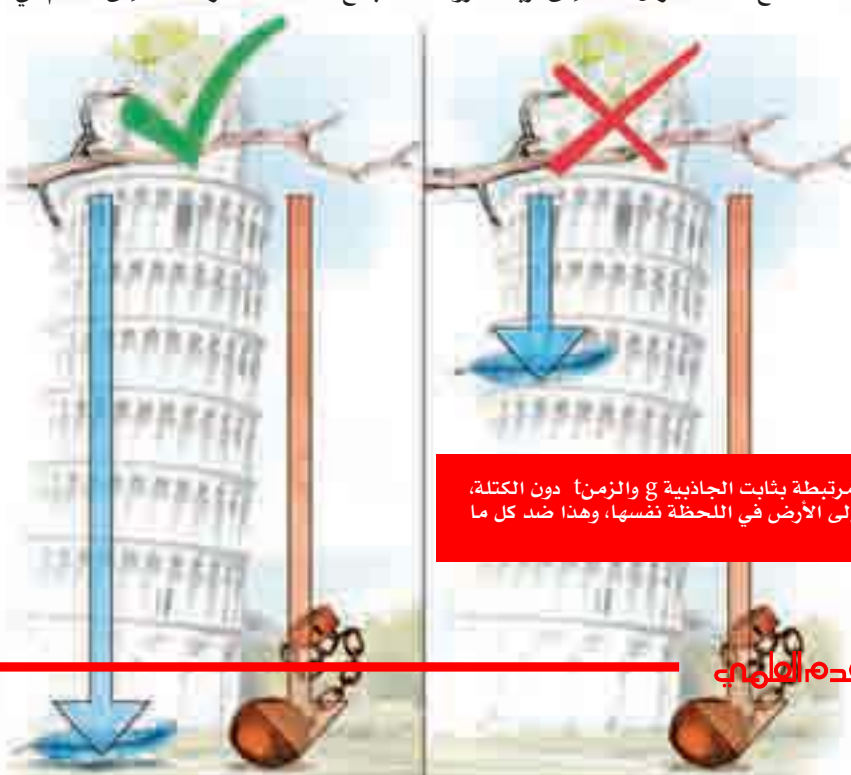
ماذا لو سبقت الريشة الحجر؟

في مطلع القرن السابع عشر، أجرى غاليليو عدة تجارب على حركة النواس، ليكتشف أن دور (تواتر) الحركة مرتبط بطول الذراع تحديداً، وأن كتلة الثقل ليس لها تأثير على "السقوط" المتكرر للنواس. لقد فرضت المعادلات الرياضياتية على غاليليو واقعاً غريباً، تسقط فيه الأشياء بالسرعة نفسها بغض النظر عن وزنها، لكن كل الخبرات الإنسانية والحسية ترفض غريزياً هذا المبدأ، فمن الصعب حتى في زمننا الحالي أن يقبل "العقل" أن الريشة تسقط بسرعة كرة مدفع حديدية (الشكل 2). والواقع أن هذا الرفض لا ينبع أبداً من العقل وإنما من الخبرة والعادة، فنحن نولد ونعيش ونموت في رحم هواء ذي كثافة عالية، يقاوم سقوط الريشة أضعاف مقاومته للكرة الحديدية بسبب سطحها الواسع بالنسبة لوزنها، وهنا يأتي السؤال: ماذا لو تركنا الريشة والكرة تسقطان في الخواء؟ أي في مكان مفرغ من الهواء.

احتاج هذا السؤال إلى أربعة قرون قبل أن تتمكن وكالة الفضاء الأمريكية من بناء حجرة ضخمة مفرغة بشكل شبه تام من الهواء، فتؤكد بالتجربة أن غاليليو كان على حق! لكن لو طُرح السؤال كالآتي: لماذا تسقط الريشة ببطء؟ لبقيت الإجابات تحوم في فلك الخبرات المحسوسة فتقترح حلولاً أفلاطونية تبدأ بطبيعة الريشة الميّالة للطيران وقد تنتهي بأساطير عن أجنحة الملائكة. وحده سؤال "ماذا لو؟" هو المهرب المنطقي من تأثيرات المحسوس إلى نقاء الجدل العقلي والمعادلة الرياضياتية.

أعطني (سين) وسأعطيك (عين)

قدم لنا عبقري آخر هو رينيه ديكارت عبارته الشهيرة "أنا أشك إذن أنا موجود". ويمكن سبر هذه العبارة في سياق طرحنا، لأن الشك يسكن في جوهر السؤال السابق، فهو في العمق يقرّ بأن المعلوم والمرئي والمسموع ليس مقدساً، إن "ماذا لو؟" تنسف من حيث المبدأ ما هو مُدرك لتبحث في احتمالات ما هو مُفترض، وهذا منتهى الشك. لقد كان معروفاً في زمن ديكارت، ومنذ قرون طويلة، أن الأعداد الطبيعية تنتظم في ترتيب صارم، فالعدد أربعة يسبقه الثلاثة ويليه الخمسة مما يشكل خطاً مستمراً اصطُلح على تسميته خط الأعداد (number line)، وبهذا المفهوم لا يكون علم الحساب سوى الحركة على هذا الخط، فتأخذنا عملية الجمع عدة خطوات إلى الأمام في



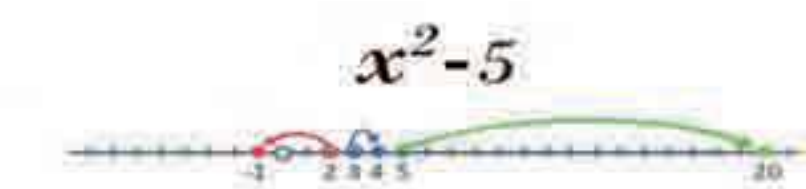
2 - تفيد معادلة السقوط الحر بأن المسافة مرتبطة بثابت الجاذبية g والزمن t دون الكتلة. هذا يعني أن الريشة والكرة الحديدية تصلان إلى الأرض في اللحظة نفسها، وهذا ضد كل ما تفيد به حواسنا وحدسنا الغريزي.

حين يحركنا الطرح باتجاه معاكس، وقد يأخذنا بعيداً عن نقطة البداية (العدد واحد) وعن كل ما هو مُدرك، لنخوض في مجاهل عالم افتراضي تماماً هو الأعداد السالبة، ناهيك عن مرورنا في برزخ عجيب بين العالم "الطبيعي" و "السالب" وهو العدد صفر بالطبع. كذلك يمكن اعتبار عملية الجداء (الضرب) بمثابة تضخيم أو تكبير لعدد ما بمقدار عدد آخر، وهذه العملية ليست مجرد جمع متكرر كما اعتادت المقررات المدرسية على تبسيطه؛ ذلك أن عكس الجداء هو ليس طرح متكرر، وإنما تقسيم، أي عملية تصغير تأخذنا إلى كائنات مجهرية مدهشة هي الكسور، تعيش بين الأعداد الصحيحة في عوالم متناهية في الصغر لا يمكن لأي عملية طرح أخذنا إليها. على أن الانتقال من الحساب إلى الجبر هو بمثابة خروج القطار عن السكة، فالجبر يدرس العلاقات (المعادلات) بين الأعداد وليس مجرد التنزه على هذا الخط ذهاباً وإياباً، تكبيراً أو تصغيراً.

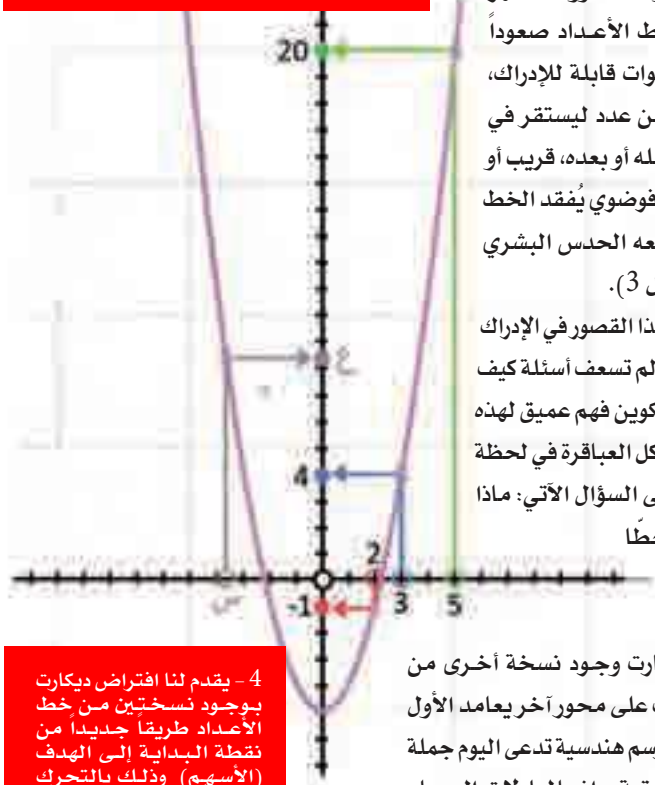
إن معادلة مثل (Y^2-5) تعني في جوهرها أن هناك علاقة بين (2 و 1-) تشابه العلاقة بين (3 و 4) و (5 و 20)، فالعدد الثاني من كل زوج هو نتيجة تطبيق المعادلة على العدد الأول. وبينما يبدو الحساب وكأننا نرتب سكان قرية في صف طويل حسب العمر من الرضيع الصغير إلى الشيخ العجوز (خط الأعداد)، يسبر الجبر مختلف أنواع العلاقات بينهم، فيتحدث عن الزواج والأبوّة والأخوّة والجيرة وشراكات العمل وعداوات الثأر...، كل معادلة هي علاقة تُزاوج بين بعض الأعداد دون غيرها، فإذا كانت المعادلة هي (يكبره بثلاث سنوات) سيكون لكل شخص نسميه، شخص آخر أو أكثر (أو لا أحد) يرتبط معه بالعلاقة المطروحة، وتغيير المعادلة يغيّر الاصطفافات جذرياً.

الجبر وإرباك الأعداد

لقد أربك الجبر الناس لقرون طويلة، فهم تعوّدوا أن الأعداد تصطف بترتيب محدد، هذا الترتيب هو الجزء الحسي الغريزي في التعامل البشري اليومي مع الأعداد، فعندما يحصي راعٍ القطيع الذي يدخل الحظيرة، أو يدفع زبون ثمن سلعة بأوراق من فئة عشرة وخمسة وواحد، فهو ينتقل على خط الأعداد صعوداً أو هبوطاً بخطوات قابلة للإدراك، أما أن ينطلق من عدد ليستقر في آخر قد يكون قبله أو بعده، قريب أو بعيد! فهذا قفز فوضوي يُفقد الخط شكله نهائياً ومعه الحدس البشري البسيط (الشكل 3).



3 - تنقلنا المعادلة الجبرية من عدد إلى آخر على خط الأعداد بشكل اعتباطي وغير مفهوم.



4 - يقدم لنا افتراض ديكارت بوجود نسختين من خط الأعداد طريقاً جديداً من نقطة البداية إلى الهدف (الأسهم) وذلك بالتحرك عمودياً حتى نقطة معينة (X) ثم الانعطاف أفقياً نحو النتيجة، ومن تجمّع "نقاط الانعطاف" الغامضة هذه ينبثق شكل جديد تماماً وغير متوقع، كائن هندسي كامل يختبئ في الأحرف الأربعة للمعادلة الأصلية.

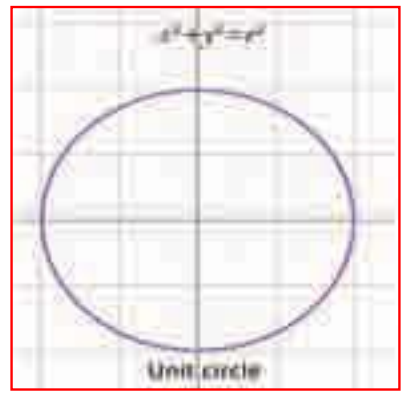
درس ديكارت هذا القصور في الإدراك الإنساني، حيث لم تسعف أسئلة كيف وماذا ولماذا في تكوين فهم عميق لهذه المعادلات، ومثل كل العباقرة في لحظة الابتكار، لجأ إلى السؤال الآتي: ماذا لو كان لدينا خطّا أعـداد بدل واحد؟

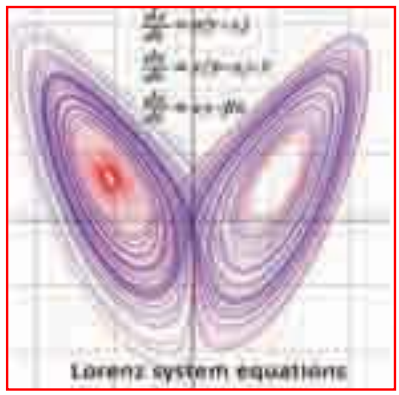
افترض ديكارت وجود نسخة أخرى من الأعداد تصطف على محور آخر يعامد الأول فتخلق مساحة رسم هندسية تدعى اليوم جملة إحداثيات ديكارتية، وإذ بالمعادلات الصماء تتجسد في أشكال رائعة ومفهومة (الشكل 4)، مؤسساً بذلك علماً جديداً كلياً هو الهندسة التحليلية*، وبناءً على هذا المزيج المبتكر من الجبر والهندسة أمكنه القول بثقة: أعطني (سين) وسأعطيك (عين).

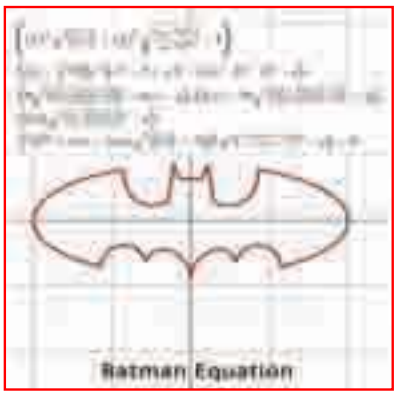
قد تبدو هذه الفكرة اليوم منطقية ومفيدة، لكن علينا أن نتذكر أنها مبنية على افتراض غير معقول، فديكارت يطلب منا قبول نسختين من كل عدد، من كل شخص في القرية، حيث تصطف كل نسخة في خط، الأول للمدخلات (الآباء مثلاً)، والثاني للنتائج (الأبناء)، اثنان من ابراهيم واثنان من اسماعيل إلخ، ليس توأماً ولا مستنسخاً، فتلك تبقى علاقات، وإنما شبح مطابق للأصل لا يمكن تمييزه عنه، بل إنه أصل آخر، إنها قفزة بسيطة ولكن مذهلة في الخيال، نسفت نهائياً جدار الكهف حتى

ما يحول فرضية ما إلى نظرية مثبتة كان ولا يزال هو آلة العقل التي يصعب خداعها... إنه المنطق ولغته الأم: الرياضيات

* يعزى معظم الفضل في ابتكار الهندسة التحليلية إلى ديكارت، لكن واقع الأمر أن مواطنه ومعاصره بيير دو فيرما كان قد طور بشكل منفصل كثيراً من الأفكار المشابهة، مما يثبت أن هذه الفتوحات العلمية الجذرية تأتي في نهاية المطاف كمحصلة لتراكم معرفي طويل وليس مجرد عبقرية منفلتة عن سياق عصرها. (الكاتب).







بعض المعادلات الرياضية البسيطة والمعقدة بصيغتها الجبرية ووجهها التحليلي الخفي والمدهش.

نتمكن من "رؤية" الكائنات الرياضياتية بكل رونقها وزهوها.

السؤال الأخير

لم تكن قفزات الوعي والفهم العلمي التي تنتجها أسئلة "ماذا لو؟" سهلة دائماً على الجمهور العريض، فهي تطالبنا بالتخلي عن كل خبراتنا الحسية وتجاربنا الواقعية لنثق فقط بقدرتنا على تخيل واقع بديل لا نعيش فيه وإنما يعيش هو داخل عقولنا وتحكمه فقط قوانين المنطق والربط والتجريد. وعلى الرغم من مرور عقود وقرون على بعض هذه القفزات فإنها بقيت في حيّز اللامعقول، فسؤال آينشتاين الاستثنائي: "ماذا لو كان الزمن يتباطأ مع تزايد السرعة حتى يتوقف تماماً؟" مرّ عليه أكثر من قرن وتم إثباته بالتجربة أكثر من مرّة دون أن يفقد غموضه وبعده عن خبراتنا اليومية، وكذلك سؤال "ماذا لو كانت الحياة سلسلة تطورية متّصلة بدأت بخلية وحيدة وانتهت بإنسان عاقل مروراً بالتفاح والقردة؟". بالطبع؛ لم تكن هذه الأسئلة والافتراضات تصيب الحقيقة دائماً، فعلينا ألا ننسى مثلاً "ماذا لو كانت الأرض محمولة على قرني ثور؟" أو "ماذا لو كانت القدرة على الإبصار ناتجة عن أشعة تطلقها العين؟"، إن تاريخ العلم مزدحم بفرضيات ثبت بطلانها، لكن ذلك لا يلغي أهمية تقديم الفرضيات، فبينما تُراكم الأسئلة العادية المعرفة بالملاحظة والمراقبة والتحليل والتفسير والربط، يصل هذا التراكم الكمي بين حين وآخر إلى أقصاه، ويصبح المطلوب تغييرا نوعيا في الطرح وهذه هي بالضبط وظيفة الفرضية أو ما سبق أن سميناه "ماذا لو؟"، أما ما يحول فرضية ما إلى نظرية مثبتة، فكان ولا يزال هو آلة العقل التي يصعب خداعها، إنه المنطق ولغته الأم: الرياضيات. يقف العلم اليوم على حدود جديدة للمعرفة، ويجد نفسه مرة أخرى مضطراً لطرح فرضيات خارجة عن كل ما هو مألوف أو محسوس، "ماذا لو كان 95 في المئة مما حولنا مكوّنا من طاقة ومادة مظلمة لا ندركها؟"، "ماذا لو كان كوننا واحدا من عدّة أكوان موازية؟"، "ماذا لو أن هناك معادلة رياضية تفسر كل شيء؟"... قد تنتهي معظم هذه الفرضيات إلى هزليات في كتب التاريخ، لكن بعضها بالتأكيد سيغير يوماً ما مفاهيمنا الراسخة وثقتنا بحواسنا، ونذكر مثلاً مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ، وهو ليس فكرة فلسفية كما يبدو للوهلة الأولى، وإنما مبدأ نابع عن فهم صارم وتجريدي لإحدى معادلات الفيزياء الكمومية المُثبتة : حتى آينشتاين ذاته لم يستطع قبول عواقب هذه المعادلة على فهمنا للواقع عندما علّق: "الإله لا يلعب النرد"، لكنها الرياضيات مرة أخرى تفرض علينا اللامعقول، "ماذا لو كانت الطبيعة غير قابلة للقياس والتحديد"، وبعبارة أخرى، ماذا لو كان ما يحدث ليس حتمياً ولكن مجرد احتمال كبير جداً، فالتفاحة تسقط مليارات المرات لمجرد المصادفة الساحقة، وحتى هايزنبرغ نفسه لم يخبرنا متى وكيف وماذا نفعل في تلك المرة التي احتمالها "شبه" معدوم.. عندما لا تسقط التفاحة. ■

سؤال «ماذا لو؟» يطالبنا بالتخلي عن خبراتنا وتجاربنا لنثق فقط بقدرتنا على تخيل واقع بديل لا نعيش فيه بل يعيش داخل عقولنا وتحكمه فقط قوانين المنطق والتجريد

السالمونيلا ... الخطر القادم من أعماق الغذاء

د. عبدالرحمن لطفي أمين *

تعتبر السالمونيلا جنسا من البكتريا التي تسبب أحد الأشكال الأكثر شيوعا من التسمم الغذائي في جميع أنحاء العالم. وعلى مر التاريخ كان لمرض حمى التيفوئيد - الذي تسببه بكتريا السالمونيلا التيفية - أثر كبير في تفشي العديد من الحالات الوخيمة، وجرى التعرف - في نهاية المطاف - إلى وجود صلة وثيقة بين هذا المرض والغذاء أو المشروبات الملوثة.

* اختصاصي الصحة العامة والوبائيات، وزارة الصحة، (الكويت)

كانت العدوى بالسالمونيلا موجودة في أمريكا منذ أوائل القرن 16 إذ يعتقد أن حمى التيفوئيد كانت مسؤولة عن مصرع أكثر من 6000 مستوطن بين عامي 1607 و 1624

كارل جوزيف إيبرت، وهو طبيب وطالب في مستشفى رودولف فيرشو، كان أول من اكتشف عصية السالمونيلا في الغدد اللمفاوية في البطن والطحال في عام 1879. وبعد أن نشر ملاحظاته في عامي 1880 و 1881، أكد اكتشافه في وقت لاحق العديد من علماء البكتريا الألمان والبريطانيين، منهم روبرت كوخ.

سميت تلك البكتريا "بالسالمونيلا" نسبة إلى العالم " دانيال إلمر سلمون"، وهو عالم بيطري في الكائنات الحية الدقيقة كان يدير برنامج أبحاث في وزارة الزراعة الأمريكية نحو عام 1800. وقد اكتشف جنبا إلى جنب مع العالم ثيوبالد سميث، بكتريا السالمونيلا في الخنازير التي استسلمت لهذا المرض والذي عُرف فيما بعد باسم كوليرا الخنازير hog cholera.

قصة ماري مالون

ولدت ماري مالون في أيرلندا وهاجرت إلى الولايات المتحدة في عام 1884. واعتبرت "مالون" أول وأشهر حامل ميكروب لحمى التيفوئيد في الولايات المتحدة. وعملت في البداية في عام 1906 طاهية لثري مصرفي بنيويورك يدعى تشارلز هنري وارن، ثم وظفت طاهية في العديد من المنازل الخاصة بنيويورك. انتقلت "مالون" كطاهية من بيت إلى آخر ومن أسرة إلى أخرى، وانتقل معها وباء مرض التيفود الناتج عن بكتريا السالمونيلا، وتمثل مالون الحالة الأولى المعروفة لحامل الميكروب في الولايات المتحدة، حيث ثبت أنها كانت مسؤولة عن إصابة ما لا يقل عن 122 شخصا - منهم خمسة ماتوا بسبب العدوى التي كانت لا تعالج حينذاك وقبل اكتشاف المضادات الحيوية.

ماري مالون أول وأشهر حامل ميكروب لحمى التيفوئيد في الولايات المتحدة.

وفي عام 1907 كان قد أصيب نحو 3000 شخص في نيويورك بالسالمونيلا التيفية، بسبب مالون. ونظراً لعدم وجود مضادات حيوية ولقاحات واقية من المرض في ذلك الوقت كان لابد من اتخاذ إجراء ما حول مصدر العدوى.

فبعد تدخل الشرطة ووجود بكتريا السالمونيلا في برازها نفيت مالون، إلى مستشفى ريفرسايد بجزيرة نورث براذر، حيث وضعت في الحجر الصحي وحدها في كوخ باعتبارها أول وأشهر حاملة ميكروب حينذاك.

ناضلت بعدها مالون لتنال حريتها، إذ كان من المستغرب أن يتهم شخص بنشر العدوى وهو لا يعاني أي عرض مرضي.

وعلى الرغم من أن المحكمة العليا في نيويورك رفضت العريضة المقدمة منها والتي تطالب بالإفراج عنها، فإن مفوض الصحة في المدينة أشفق على مالون وأفرج عنها شريطة ألا تعمل مرة أخرى كطاهية. ومع ذلك، عادت مالون لمهنتها التي كانت قد أحبتها كثيراً كطاهية، وتسبب ذلك في تفشي التيفود مرة أخرى، فأعيدت للنفي في الجزيرة نفسها التي عاشت فيها حتى وفاتها في عام 1938.

لا يزال هناك الكثير من التكهنات بشأن المعاملة التي عوملت بها مالون على يد هيئة الصحة بنيويورك. فبدلا من العمل معها لجعلها تدرك أنها كانت أحد عوامل الخطر، فرضت الدولة عليها حجرا صحيا مرتين وتحولت بعدها إلى نوع من حيوانات التجارب المختبرية. وكثيرا ما يستشهد على هذه الحالة كمثال لكيفية إثارة نظام الرعاية الصحية للمواقف الاجتماعية المتحيزة نحو حاملي المرض.

تفشي السالمونيلا

درس المؤرخون والعلماء تفشيات المرض في الماضي، وخلصوا إلى استنتاج مفاده

صورة مكبرة لبكتيريا السالمونيلا المسببة للتسمم الغذائي

أن العديد من تلك التفشيات ربما تكون بسبب عدوى التيفود. وفي العام 430 قبل الميلاد ظهر طاعون يعتقد أنه تفش لحمى التيفوئيد قتل ثلث السكان في أثينا، التي كانت واحدة من المدن الأكثر نفوذا في الأمبراطورية اليونانية القديمة في ذلك الوقت.

وكانت العدوى بالسالمونيلا موجودة في أمريكا منذ أوائل القرن السادس عشر، إذ يعتقد أن حمى التيفوئيد كانت مسؤولة عن مصرع أكثر من 6000 مستوطن بين عامي 1607 و 1624. كما كانت حمى التيفوئيد هي القاتل الرئيسي في الحرب الإسبانية الامريكية عام 1898.

وبسبب التطعيمات والتقدم في مجال الصرف الصحي العام، انخفضت حالات الإصابة بحمى التيفوئيد في البلدان المتقدمة إلى نحو 5 حالات لكل مليون نسمة سنويا. ومع ذلك، لوحظت تفشيات تسببها سلالات السالمونيلا الأخرى.

وفي عام 1985 وقع أحد أعنف تفشيات السالمونيلا في الولايات المتحدة، عندما تم الإبلاغ عن نحو 6149 حالة من حالات السالمونيلا التيفية الفأرية بين الأشخاص الذين استهلكوا حليبا مبسترا في ولاية إيلينوي الشمالية (منها 5770 تم تأكيدها مختبرياً).

السالمونيلا... ما هي؟

السالمونيلا هي أنواع من البكتريا التي تسبب عادة الأمراض المنقولة بالأغذية، والتي تسمى بأمراض "التسمم الغذائي". وتقدر عدد حالات الإصابة بالسالمونيلا في الولايات المتحدة سنويا بنحو مليون حالة.

وقد ارتبط انتشار العدوى بميكروب السالمونيلا بتناول الأغذية الملوثة وخاصةً الدجاج والبيض. وثبت أن بعض الأغذية ترتبط بذلك، مثل اللحم المفروم والتونة ولحم الخنزير والطماطم والخيار وزبدة الفول السوداني.

أعراض الإصابة

ثمة أعراض عدة تظهر الإصابة

بسبب التطعيمات والتقدم في مجال الصرف الصحي انخفضت حالات الإصابة بحمى التيفوئيد في البلدان المتقدمة إلى نحو 5 حالات لكل مليون نسمة سنويا

«القيء وثمة أعراض عدة تظهر الإصابة بالسالمونيلا منها الإسهال لأكثر من 3 أيام وارتفاع درجة الحرارة لأكثر من 83.5 درجة»

يصاب الإنسان بالسالمونيلا إذا تناول الأطعمة الملوثة بالبكتريا مثل الدجاج والخضراوات والبيض والفواكه ولحم البقر غير المطهو جيدا

إرشادات صحية

يمكن تقليل فرصة الإصابة بالسالمونيلا باتباع بعض الإرشادات الصحية الخاصة بإعداد وتجهيز وطهي الطعام، والتي أقرتها منظمة الصحة العالمية ومراكز مكافحة الأمراض في الولايات المتحدة. وتتلخص تلك الإرشادات في الخطوات الأربع الآتية: النظافة clean، الفصل separate، الطبخ cook، التبريد chill.

النظافة:

- غسل اليدين بالماء الدافئ والصابون مدة 20 ثانية قبل وبعد التعامل مع البيض النيئ، أو اللحوم النيئة والدواجن والمأكولات البحرية والعصائر.
- غسل الآنية، وألواح التقطيع، والأطباق، وسطوح التجهيز بالماء الحار والصابون بعد إعداد كل مادة غذائية وقبل البدء في إعداد الطبق المقبل.
- لا ينصح بغسل الدواجن النيئة واللحوم، والبيض قبل الطبخ. فالبكتريا يمكن أن تنتشر من تلك الأطعمة عند غسلها إلى الأطعمة الأخرى، والآنية، والسطوح.
- تطهير الأسطح الملامسة للأغذية بمحلول يتم تحضيره طازجاً، وذلك بإضافة ملعقة واحدة من الكلور السائل إلى غالون واحد من الماء.

الفصل:

يجب إبقاء اللحوم النيئة والدواجن والأسماك، والبيض منفصلة عن الأطعمة الأخرى في عربة الأسواق المركزية وفي الثلاجة. كما يجب إبقاء البيض في الكرتون الأصلي وتخزينه

بالسالمونيلا، منها الإسهال لأكثر من 3 أيام جنبا إلى جنب مع ارتفاع في درجة حرارة الجسم لأكثر من 38.5 درجة. وأحياناً يكون البراز دمويا، وأحياناً يصاب المريض بالقيء. ومع طول فترة القيء والجفاف يعاني المريض من علامات الجفاف، مثل:قلة كمية البول وجفاف الفم والحلق والدوخة عند الوقوف.

ويصاب الإنسان بميكروب السالمونيلا إذا تناول الأطعمة الملوثة بالبكتريا مثل تناول الدجاج والخضراوات والبيض والفواكه ولحم البقر غير المطهو جيداً. والأطعمة الملوثة عادة ما تبدو ذات رائحة ونكهة طبيعية، وهذا هو السبب في أنه يجب أن نعرف جيداً كيفية الوقاية من عدوى السالمونيلا.

ومرض السالمونيلا يمكن أن يكون خطيراً لبعض الناس. وفي معظم الحالات، يستمر المرض بين 4-7 أيام ثم يتم التعافي تلقائياً دون علاج بالمضادات الحيوية. وتظهر الأعراض عادة بعد 6-48 ساعة من تناول الطعام الملوث. وقد تطول هذه الفترة في بعض الحالات. وأحياناً يكون الإسهال شديداً مما يتطلب دخول المستشفى. وعلى الرغم من أن أي شخص يمكن أن يصاب بعدوى السالمونيلا، فإن كبار السن، والأطفال الرضع، والأشخاص الذين يعانون ضعفا في جهاز المناعة قد يكونون أكثر عرضة لتطور المرض وظهور مضاعفات خطيرة عليهم.

ولكل حالة واحدة من السالمونيلا التي يتم تأكيدها بالفحص المختبري هناك نحو 29 لم يتم تأكيدها وهي موجودة

مرض السالمونيلا يمكن أن يكون خطيراً لبعض الناس وفي معظم الحالات يستمر المرض بين 4-7 أيام ثم يتم التعافي تلقائياً دون علاج بالمضادات الحيوية

في المقصورة الرئيسية من الثلاجة، وليس في الباب.

- يجب إبقاء اللحوم النيئة والدواجن والمأكولات البحرية منفصلة عن الأطعمة الجاهزة للأكل، مثل السلطة واللحوم الباردة.
- يجب استخدام ألواح تقطيع منفصلة للسلطات واللحوم والدواجن والأسماك، والبيض.
- يراعى عدم وضع الطعام المطبوخ في طبق كان فيه سابقا لحوم نيئة أودواجن أوأسماك أو بيض نيىء.

الطبخ:

- يجب استخدام مقياس حرارة للأغذية لضمان طهي الأطعمة عند درجة حرارة داخلية آمنة. ودرجات الحرارة الآمنة للطهي هي:
- 62 درجة مئوية للحم البقر، لحم العجل، لحم الضأن، والأسماك.
- 70 درجة مئوية للحم المفروم بأنواعه.
- 70 درجة مئوية للبيض.
- 70 درجة مئوية للدواجن (الدجاج والديك الرومي والبط).
- الحفاظ على المواد الغذائية عند حرارة 62 درجة أو أعلى بعد الطبخ.

التبريد:

- حافظ دائماً على درجة حرارة الثلاجة عند 4 درجات مئوية أو أكثر برودة.
- تبريد أو تجميد الأغذية السريعة التلف، والأطعمة الجاهزة، وبقايا الطعام في غضون ساعتين أو أقل.

يمكن تقليل فرصة الإصابة بالسالمونيلا باتباع بعض الإرشادات الصحية الخاصة بإعداد وتجهيز وطهي الطعام والتي أقرتها منظمة الصحة العالمية ومراكز مكافحة الأمراض في الولايات المتحدة

في الواقع. ومعظم الناس الذين يصابون بأعراض التسمم الغذائي عادة لا يذهبون إلى الطبيب، ومن ثم لا يتم فحصهم في المختبر، لذا فإن الحجم الحقيقي لحالات السالمونيلا غير معروف واقعياً. وهذا هو السبب في أن السالمونيلا قد تؤدي إلى مزيد من الحالات أكثر مما نتوقع. وتقول الهيئات الصحية العالمية إن الإبلاغ عن حالات مشتبه فيها للأمراض المنقولة عن طريق الأغذية إلى سلطات وزارة الصحة المحلية قد يساعد المحققين على تحديد تفشي المرض، ومن ثم إيجاد الطرق الكفيلة بمنع حدوث التفشيات مرة أخرى.

ويعتبر مرض السالمونيلا من الأمراض الصيفية، إذ يشيع في الطقس الحار؛ لأن ذلك الجو يخلق الظروف المثالية لنمو ميكروب السالمونيلا. وعند تناول الطعام في الهواء الطلق في فصل الصيف، يجب الحرص على وضع الأغذية في الثلاجة أو تجميد الأغذية السريعة التلف، كما يجب تناول الأطعمة الجاهزة، وبقايا الطعام في غضون ساعتين (أو ساعة واحدة إذا كانت درجة الحرارة الخارجية 32 درجة مئوية أو أكثر).

ولتجنب السالمونيلا، يجب عدم تناول البيض النيىء أو المسلوق سلقاً خفيفاً. فالسالمونيلا يمكن أن تلوث البيض العادي المظهر تماما. كما أن الطبخ (السلق الجيد أو القلي) يقلل من عدد البكتريا في البيضة.■

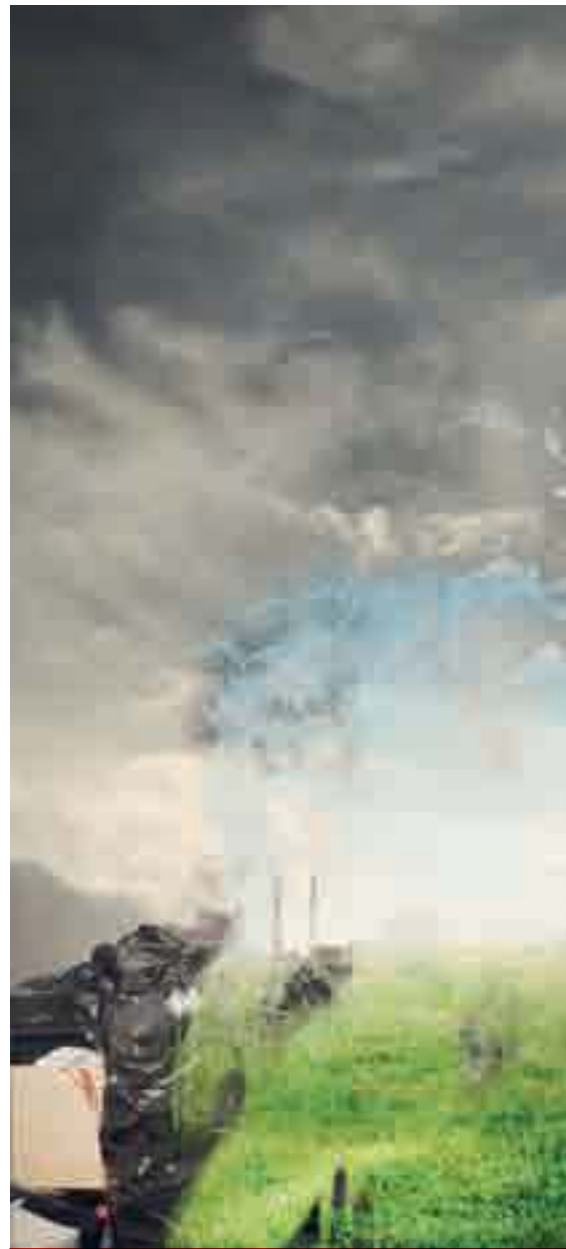
البيئة الملوثة..
صحة الأطفال في خطر

م. محمد الحسن *

لطالما كان الأطفال (كبش الفداء) في الصراعات والحروب والأزمات الإنسانية، ولطالما كانوا أكثر شرائح المجتمع تضررا وتأثرا من جراء الكوارث الطبيعية التي تفتك بمناطق عدة، وتحدث أضرارا بشرية ومادية كبيرة. ولعل العدد الكبير من الأطفال الذين يموتون سنويا بسبب البيئة غير الصحية التي يتعرضون لها، والتلوث البيئي المتزايد الأخطار، يعبر عن تلك المأساة الإنسانية المستمرة.

وحينما تكون الأرقام المنشورة بهذا الصدد صادرة عن منظمة الصحة العالمية، فإنها تصبح

* كاتب علمي، (الكويت)



أكثر وثوقية، وذات مصداقية أكبر من أي أرقام تصدرها جهات عدة، باعتبار أن تلك المنظمة تنشر أرقامها بناء على إحصائيات من جميع دول العالم، فضلا عن كونها أكثر جهة عالمية تمتلك مصداقية فيما يخص الأوضاع الصحية في كل أنحاء العالم.

البيئة الصحية والتنمية المستدامة

ووفقا للمنظمة فإن أكثر من وفاة واحدة بين كل أربع وفيات للأطفال دون سن الخامسة تعزى إلى بيئات غير صحية. ففي كل عام تحصد الأخطار البيئية – مثل تلوث الهواء في الأمكنة المغلقة والمفتوحة، ودخان التبغ غير المباشر، والمياه غير المأمونة، وتردي الصرف الصحي، والنظافة غير الكافية – حياة 1.7 مليون طفل دون سن الخامسة.

وفي إطار أهداف التنمية المستدامة تسعى البلدان إلى وضع مجموعة من الأهداف لتوجيه التدخلات المتعلقة بالصحة البيئية للأطفال، فضلا عن وضع نهاية لوفيات المواليد والأطفال حديثي الولادة والأطفال دون سن الخامسة بحلول عام 2030. وإضافة إلى (الهدف 3) من أهداف التنمية المستدامة – الذي يستهدف ضمان تمتع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار – تسعى أهداف التنمية المستدامة الأخرى إلى تحسين المياه والصرف الصحي والحد من تلوث الهواء ودحر تأثير تغير المناخ، والتي تؤثر جميعها على صحة الأطفال.

أطلس صحة الطفل

وتطرقت المنظمة في تقرير حديث لها إلى أهم الأسباب الأكثر شيوعاً لوفيات الأطفال الذين تراوح أعمارهم بين شهر و5 سنوات ، وهي الإسهال والملاريا والالتهاب الرئوي، التي يمكن الوقاية منها عن طريق التدخلات المعروفة بقدرتها على الحد من الأخطار البيئية، من مثل الوصول إلى المياه المأمونة ووقود الطهي النظيف.

وتحذر مديرة منظمة الصحة العالمية الدكتورة مارغريت تشان في تقرير صادر عن المنظمة بعنوان (توريث عالم مستدام: الأطلس الخاص بصحة الطفل والبيئة) من البيئة الملوثة باعتبارها بيئة قاتلة ،

أكثر من وفاة واحدة بين كل أربع وفيات للأطفال دون سن الخامسة تعزى إلى تأثرها ببيئات غير صحية

في كل عام تحصد الأخطار البيئية مثل تلوث الهواء وتردي الصرف الصحي حياة 1.7 مليون طفل دون سن الخامسة

يمكن الحد من وفيات الأطفال عن طريق تدخلات تحد من الأخطار البيئية كالوصول إلى المياه المأمونة ووقود الطهي النظيف

مضيفة إن أعضاء الأطفال ونظم المناعة لديهم، وأجسادهم الصغيرة ومخارج الهواء لديهم، تجعلهم عرضة بشكل خاص للهواء والمياه الملوثة. وقد يبدأ التعرض الضار في رحم الأم ويزيد من خطر الولادة المبكرة.

وعندما يتعرض الأطفال الرضع وفي سن ما قبل المدرسة إلى تلوث الهواء داخل المنازل وفي الأمكنة المفتوحة، والدخان غير المباشر، يزيد لديهم خطر الإصابة بالالتهاب الرئوي في مرحلة الطفولة، وخطر الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي المزمنة مثل الربو طوال العمر. وقد يزيد التعرض لتلوث الهواء من أخطار الإصابة بأمراض القلب والسكتة الدماغية والسرطان طوال العمر، وفق التقرير.

5 أسباب لوفيات الأطفال

وترى مديرة دائرة الصحة العمومية والبيئة والمحددات الاجتماعية للصحة في المنظمة الدكتورة ماريا نيرا أن الاستثمار في إزالة الأخطار البيئية التي تهدد الصحة، وتحسين نوعية المياه من مثل استخدام وقود أنظف، سيؤدي إلى فوائد صحية هائلة.

ووفق تقرير آخر أصدرته المنظمة بعنوان «لا تلوث مستقبلي! تأثير البيئة على صحة الأطفال» ، فإن العالم يشهد كل عام وفاة 570000 طفل دون عمر خمس سنوات، من جراء أمراض الجهاز التنفسي من مثل الالتهاب الرئوي الناجم عن تلوث الهواء في الأمكنة المغلقة والمفتوحة ودخان التبغ غير المباشر. وأن 361000 طفل دون عمر خمسة أعوام يموتون بسبب الإسهال، نتيجة لصعوبة الحصول على المياه النظيفة والصرف الصحي وخدمات الإصحاح.

ويقول التقرير إن 270000 طفل يموتون خلال الشهر الأول من العمر بسبب ظروف مثل الولادة المبكرة التي يمكن الوقاية منها، من خلال الحصول على المياه النظيفة وتوفير خدمات الصرف الصحي والإصحاح في المرافق الصحية، فضلا عن الحد من تلوث الهواء. وإن 20000 حالة وفاة للأطفال دون عمر خمس سنوات من جراء الملاريا يمكن الوقاية منها من خلال إجراءات بيئية، من مثل الحد من مواقع تكاثر البعوض أو تغطية أمكنة تخزين مياه الشرب. وإن 200000 طفل دون عمر خمس سنوات يموتون بسبب الإصابات غير المتعمدة

المعزوة إلى البيئة، مثل حالات التسمم والسقوط والغرق.

أضرار بيئية مستمرة

إن الأخطار البيئية الناشئة مثل النفايات الإلكترونية والكهربائية (كالهواتف المحمولة القديمة) التي يتم إعادة تدويرها بصورة غير صحيحة، تعرض الأطفال للسموم التي قد تفضي إلى انخفاض درجة الذكاء، وقصور الانتباه، وتلف الرئة، والسرطان. ومن المتوقع زيادة توليد النفايات الإلكترونية والكهربائية بنسبة 19% بين عامي 2014 و2018، لتصل إلى 50 مليون طن متري بحلول عام 2018.

وترى المنظمة أنه مع تغير المناخ تزيد درجات الحرارة ومستويات ثاني أكسيد الكربون، مما يلائم نمو حبوب اللقاح التي تصاحبها زيادة في معدلات الإصابة بالربو لدى الأطفال. ففي جميع أنحاء العالم، يبلِّغ ما بين 11 و14% من الأطفال البالغة أعمارهم خمس سنوات فأكثر وكبار السن عن أعراض الربو، والتي يرتبط نحو 44% منها بالتعرض للأخطار البيئية. وتلوث الهواء، ودخان التبغ غير المباشر، والعفن والرطوبة في الأمكنة المغلقة تجعل الربو أشد سوءا لدى الأطفال.

وفي المنازل العائلية التي تفتقر إلى الخدمات الأساسية، مثل المياه المأمونة والصرف الصحي، أو المتلئة بالدخان نتيجة استخدام الوقود غير النظيف مثل الفحم أو الروث لأغراض الطهي والتدفئة، يتعرض الأطفال بصورة متزايدة إلى أخطار الإصابة بالإسهال والالتهاب الرئوي.

ويتعرض الأطفال بصورة متزايدة للمواد الكيميائية الضارة عن طريق الغذاء والماء والهواء والمنتجات المحيطة بهم. والمواد الكيميائية، مثل الفلوراید والرصاص والمبيدات الحشرية المحتوية على الزئبق والملوثات العضوية الثابتة، وغيرها من السلع المصنعة. وعلى الرغم من تخلص معظم دول العالم بالتدريج من البنزين المحتوي على الرصاص، فلا يزال الرصاص ينتشر على نطاق واسع في الدهانات، مما يؤثر على نمو الدماغ، كما يقول التقرير. ■

20000 حالة وفاة للأطفال دون عمر خمس سنوات من جراء الملاريا يمكن الوقاية منها من خلال إجراءات بيئية صارمة

يتعرض الأطفال بصورة متزايدة للمواد الكيميائية الضارة عن طريق الغذاء والماء والهواء إضافة إلى المبيدات الحشرية الضارة

نصائح للقطاعات الحكومية

تقدم منظمة الصحة العالمية نصائح للقطاعات الحكومية للعمل معا لتحسين الأمور الآتية:

السكن: التأكد من استخدام وقود نظيف للتدفئة والطبخ، والتخلص من العفن أو الآفات، وإزالة مواد البناء غير المأمونة، والطلاء الذي يحتوي على الرصاص.

المدارس: توفير خدمات الصرف الصحي المأمون والإصحاح، والخلو من الضوضاء والتلوث، وتعزيز التغذية الجيدة.

المرافق الصحية: التأكد من توافر المياه الصالحة للشرب والصرف الصحي والإصحاح والكهرباء الموثوق بها.

التخطيط الحضري: توفير المزيد من المساحات الخضراء، ومسارات السير وركوب الدراجات المأمونة.

النقل: تخفيض الانبعاثات وزيادة وسائل النقل العام.

الزراعة: الحد من الآفات الحشرية وعدم تشغيل الأطفال.

الصناعة: إدارة النفايات الخطرة والحد من استخدام المواد الكيميائية الضارة.

قطاع الصحة: رصد الحصائل الصحية والتثقيف بشأن الوقاية من المخاطر الصحية البيئية ومكافحتها.

البلاستيك الحيوي والمحافظة على البيئة

محمود سلامة الهايشة *

تستغرق زجاجة البلاستيك مدة تبلغ نحو 450 سنة لكي تتحلل في البيئة! نعم، لا تتعجب، 450 سنة! وفقا لأرقام دائرة الحدائق الوطنية الأمريكية. لو افترضنا أن وليم شكسبير (الميلاد: أبريل 1564 - الوفاة: 3 مايو، 1616) رمى زجاجة صودا في الأرض فإن أمامها نحو 50 سنة من العام الحالي لكي تتحلل!.

والسؤال الذي يطرح نفسه: لماذا تستغرق الزجاجة كل هذا الوقت؟ في البداية، هناك نمطان من التحلل يحدثان في البيئة؛ التحلل الحيوي، والتحلل غير الحيوي. يحدث التحلل غير الحيوي بواسطة تفكك المواد نتيجة ظروف فيزيائية أو كيميائية (كالرياح والتعرية المائية)، في حين يجري التحلل الحيوي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة «الميكروبية».

* كاتب وباحث، (مصر).

ترتبط ذرات البلاستيك بعضها ببعض بصورة أكثر تعقيداً من الموادالأخرى، لذا فالبكتريا لا تتمكن من تحليل البلاستيك لأنها غير قادرة على كسر الروابط بين الذرات.

تحت وطأة العوامل الجيولوجية وخلال فترات زمنية طويلة جداً يمكن تحلل البلاستيك، اعتماداً على مكان وجود الجسم، كأن يكون في سلة القمامة أو البحر. ويرى بعض العلماء أن بعض أنواع البلاستيك لا يمكنها التحلل إطلاقاً؛ لأنه لا يمكن تفكيكها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، بدلا من ذلك ستتحول إلى قطع أصغر ثم أصغر تدريجياً.

علينا التمسك بالأمل دائما مادام العلم يبحث وينقب والعلماء يواصلون جهودهم للتوصل إلى حلول تعالج المشكلات التي تعانيها البشرية. وبهذا الصدد وجد العلماء نوعا خاصا من الفطريات له قابلية لالتهام البلاستيك، ولايزالون يدرسون أسرار هذه الفطريات لإيجاد طريقة فعالة للتخلص من النفايات البلاستيكية.

تجربة واعدة

فقد أجرى باحثون مصريون في جامعة بنها تجربة لأصص داخل بيت زجاجي لتقييم التحلل البيولوجي لنوعين من البلاستيك الحيوي المصنوع من معقد حمض اللاكتيك في التربة مقارنة بنظيره المنتج من البولي إيثلين المقاوم للتحلل البيولوجي.

وأظهرت الدراسة زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون المتصاعد ، وزيادة الكتلة الميكروبية، وزيادة نشاط إنزيم الديهيدروجينيز في التربة المضاف إليها البلاستيك القابل للتحلل والمصنوعة من معقد حمض اللاكتيك بزيادة فترة التحضين. وتبين وجود زيادة في القياسات السابقة بنسبة كبيرة في التربة المضاف إليها البلاستيك القابل للتحلل مقارنة بالتربة المضاف إليها البلاستيك غير القابل للتحلل الحيوي.

وكان من نتائج الدراسة حصول شرائح البلاستيك الحيوي من النوع BiOPL المنتج من معقد حمض اللاكتيك بنسبة نقاوة 100 % على أعلى قيم لفقد الوزن، وأقل قيم لمقاومة الشد مقارنة بشرائح البلاستيك الحيوي من النوع Ecovio المنتج من معقد حمض اللاكتيك بنسبة 45% ومعقد Ecoflex بنسبة 55 %، في حين سجلت شرائح البولي إيثلين نقصا طفيفا في الوزن خلال فترات التحضين. وتبين وجود ارتباط بين زيادة قيم فقدان الوزن ، وخفض قيم مقاومة الشد للشرائح البلاستيكية القابلة للتحلل من ناحية وزيادة كمية

حمْضُ اللاكتيك
(Lactic acid)

يتشكل من البيروفات، ويوجد في جميع الأنسجة. وهو حمض عضوي لا لوني، وينتج في العضلات أثناء التمارين الرياضية؛ إذ يعد الناتج النهائي لتحلل غلوكوز الدم بعدم وجود أكسجين . وهناك توازن في الظروف الطبيعية بين إنتاج حامض اللاكتيك والتخلص منه. أما في حالة الإجهاد والتمارين الرياضية فتزداد كمية الحامض في العضلات أكثر من الكمية التي يتخلص منها الجسم. وحامض اللاكتيك مفيد للجسم؛ لأنه يساعده على إنتاج الطاقة. وتراكم حامض اللاكتيك في العضلات والتمزق العضلي أثناء التمارين الرياضية يسببان الألم بسبب إثارة التهابات عصبية حسية في العضلة. ويعد حامض اللاكتيك مسؤولاً عن حدوث الألم أثناء التمارين، إذ إنه لا يبقى في العضلة إلا مدة معينة بعد انتهاء التدريب، و يتحول بعدها إلى كلاكوجين عضلي أو مخزون في الكبد أو غلوكوز أو حامض البيروفيك .

الديهيدروجينيز (Dehydrogenase):
هي مجموعة من الإنزيمات التي تساعد على عملية التأكسد والاختزال، عن طريق نزع هدروجين مادة من مواد التفاعل ونقله إلى مادة أخرى.

مراحل تحلل قارورة بلاستيكية

ثاني أكسيد الكربون المتصاعدة من التربة، والكتلة الحيوية الميكروبية ونشاط إنزيم الديهيدروجينيز.

طرق قياس التحلل الحيوي

يمكن قياس التحلل الحيوي بعدة طرق، أهمها:

اختبارات قياس التنفس للكائنات التي تتنفس بطريقة هوائية: يتم وضع عينة النفايات الصلبة في وعاء مع التربة والكائنات الحية الدقيقة، ثم تهوية الخليط لتوفير الأكسجين اللازم للكائنات الحية الدقيقة.

وبمرور الأيام، تهضم الكائنات الحية العينة شيئا فشيئا منتجة غاز ثاني أكسيد الكربون.

والكمية الناتجة من هذا الغاز تكون مؤشرا على عملية التحلل للعينة.

قياس عملية التحلل الحيوي من خلال دراسة الكائنات اللاهوائية: من خلال قياس كمية غاز الميثان وخليط المعادن (السبائك) الذي بإمكان هذه الكائنات إنتاجه. في مثل هذه التجارب يتم استخدام الموز وورق الجرائد كعينة للنفايات المراد تحللها، وذلك لقصر المدة اللازمة لتحللها. ■

المدد الزمنية لتحلل المواد

الجدول الآتي يظهر الوقت التقريبي لتحلل المواد في البيئة البحرية

المنتج / المادة	الوقت اللازم للتحلل الحيوي
المناديل الورقية	4-2 أسابيع
ورق الجرائد	6 أسابيع
لب التفاح	شهران
صندوق كرتوني	شهران
علبة حليب مغلفة بالشمع	3 أشهر
قفازات قطنية	5-1 أشهر
قفازات صوفية	سنة
خشب رقيق	3-1 سنوات
عصي خشبية	13 سنة
أكياس بلاستيكية	20-10 سنة
علب صفيح	50 سنة
حفاظات أطفال	100-50 سنة
قارورة بلاستيكية	100 سنة
علبة ألمنيوم	200 سنة
قارورة زجاجية	غير محدد

علم معرفة رموز الأقلام
إنجاز عربي حضاري

د. محمد حسان الطيان *

«لقد سبق العرب علماء أوروبا في حل رموز الخطوط القديمة وترجمة كتبها إلى العربية، ولا إخال أن أوروبا توصلت إلى حل رموز الآثار والوقوف على علوم من سبق من الأمم إلا بواسطة كتب العرب وترجمتها إلى لغتهم»، بهذه العبارة أبرز الباحث محمد رشدي المصري الدور المهم الذي أداه العرب في (علم معرفة رموز الأقلام) والإنجازات اللاحقة التي حققوها في ميدانه. ولقد وضع العرب في ذلك العلم مصنفات أحصوا فيها الكثير من اللغات والأقلام القديمة، وتتبعوا رموز اللغات البائدة، لكن ماوضعوه غاب عنا، وعن كثير من الباحثين، فنسب العلم إلى الآخرين ونسي أصحابه الحقيقون.

وهذا العلم هو علم جليل يتصل اتصالا وثيقا بعلم التعمية واستخراج المعمى (أو الشفرة وكسر الشفرة) الذي عمل فيه كاتب المقال مع اثنين من الباحثين ، وأخرجنا فيه سفرين كبيرين، اشتملا على تحقيق 11 رسالة مخطوطة في هذا الفن، مع دراسة تحليلية لكل منها، وتأريخ مستفيض لمراحل التأليف فيها وعوامل ظهورها. وقد نشرهما مجمع اللغة العربية بدمشق عامي 1997 و 1987م بعنوان (علم التعمية واستخراج المعمى عند العرب).

مخطوط عربي نادر

في عام 1806 نشر المستشرقُ هامَر J. Von Hammer بلندن كتابا لأحد العلماء العرب يدعى ابن وحشيةَ النبطي (توفي بعد 291 هـ) عنوانه (شوق المُسْتَهام في معرفة رموز الأقلام). وكان من حُسْنِ الطالعِ أن تسلمَ مخطوطتُه من عوادي الزمن، وأن يكتشفها ذلك المستشرق الذي ترجمها إلى الإنكليزية ونشرها باللغتين.

ثم نشرَ الباحث الفرنسي سيلفستر دوساسي Sylvestre de Sacy دراسةً عن الكتاب في باريس عام 1810، وكانت فيما يبدو من أهمّ المساعدات للعالم الفرنسي فرانسوا شامبليون J.F.Champollion في كشفه أشكالَ اللغة الهيروغليفية الذي أعلنه عام 1822م، بعد عكوفه سنوات على حجر رشيد ذي الكتابات الثلاث، إذ كان معاصراً لتلك الدراسة وعلى تنافس كبير مع كاتبِها.

معاينة المخطوط

وقد تسنّى لي في زيارة إلى باريس عام 1986 زيارة المكتبة الوطنية والاطلاع على مخطوط (شوق المستهام

* أستاذ مشارك في الجامعة العربية المفتوحة بالكويت، (الكويت).

من أهم ما كتبه العرب في هذا العلم كتاب (شوق المُسْتَهام في معرفة رموز الأقلام) لابن وحشية النبطي الذي نشره المستشرقُ هامّر في عام 1806 بلندن باللغتين العربية والإنكليزية

ربما ساعد نشر كتاب ابن وحشية العالم الفرنسي شامبليون في كشفه أشكالَ اللغة الهيروغليفية الذي أعلنه عام 1822 بعد عكوفه سنوات على حجر رشيد ذي الكتابات الثلاث

في معرفة رموز الأقلام)، فقرأتُه، ونسختُ أبرز معالمه وفصوله، ورسمتُ بصعوبة بالغة الكثيرَ من رموزه وأقلامه، لا سيما أقلام الهرامسة، وهم كهنة المصريين القدامى.

واشتملت مخطوطةُ ابن وحشيةَ على دراسة جامعة تناولَ فيها مؤلفها الأقلامَ واللغاتِ القديمةَ والسائدةَ في عصره وصولاً إلى حَصْرها ومعرفة ما كُتبَ فيها، وضمَّنها نحواً من (90) قلماً وألفبائيةً لشعوب سامية ويونانية وهندية ومصرية قديمة، وغيرها من أقلام الفضلاء والحكماء والفلاسفة والملوك وغيرهم، كما جمع في كتابه هذا ما وقعَ له من الأقلام المستعملة، وما اطّلع عليه في ترحاله وتجواله في بلاد الشام ومصر، جلّها من الأقلام التي رمزوا بها كثيراً من علومهم وفنونهم في الحكمة والعقائد والفلك والكيمياء والطب والعلوم الخفيّة. وقد صدّره ابن وحشية بمقدمة مختصرة مهمة بيّن فيها السبب الذي دعاه إلى تأليف الكتاب، والغاية التي رمى إليها من وصفه، ومنهجَه الذي سلكه في إعداده.

لذا، يعد كتاب ابن وحشية أشهر ما انتهى إلينا من كتب الأقلام واللغات البائدة وأقدمها، وهو يأتي بعد كتاب جابر بن حيان (ت 200 هـ) (حلّ الرموز ومفاتيح الكنوز) المفقود. ولا يخفى ما لكتاب ابن وحشية من قيمة علمية في ميادين عدة، يَقْدُمها الكشف عن أقلام الأبجديات واللغات البائدة، وعن أقلام التعمية التي رمَّز بها الحكماء والفلاسفة وأصحاب العلوم الخفية علومهم وآثارهم، وغيرها.

رموز الهيروغليفية

لعل أهم أبواب المخطوط الباب الثامن الذي جعله للمشهور من أقلام الهرامسة، وقد جاء ذلك الباب في فصول، ومراتب ثلاث، وخاتمة. جعل أولها لقلم الحكيم هرمس الأكبر، ونبه على أنه مرتب على رموز وإشارات لا تعد ولا تحصى، وأن له قاعدة يستدل بها على المطلوب، شرحها في ثلاث مراتب، بدأها بصور

أشكال المراتب

العلوية الهرمسية، وقد اشتملت المرتبة الأولى على الأسماء الحيوانية وأشكالها، والثانية على الأشكال النباتية، والثالثة على الأشكال المعدنية. وختم كتابه بمجموعة أقلام قديمة استعملت قبل الطوفان، وأخرى للكلدانيين وغيرهم.

ويقول الدكتور عكاشة الدالي الخبير بالآثار المصرية القديمة في كتابه (علم المصريات، الألفية المفقودة، مصر القديمة في الكتابات العربية في العصر الوسيط) الذي ألفه بالإنكليزية إن ابن وحشية ميّز في كتابه بعض العلامات الهيروغليفية باعتبارها رموزا صوتية مع التعرف تعرفًا صحيحًا إلى بعض الحروف، وهو يعرض العلامة الهيروغليفية مع قيمتها الصوتية.

ويضيف أن ابن وحشية يقدم قوائم لكلمات مكتوبة بالرموز الهيروغليفية كل منها يمثل نعتا أو كناية، وثمة أمثلة جيدة يميّز فيها ما بين الرموز المحددة والحروف الهجائية، وعندما نقارنها بقائمة السير ألن غاردنر Gardiner، يبدو واضحا أن ابن وحشية قد درس فعلا مصادر مصرية أصلية.

مخطوطات أخرى

لم يكن كتاب (شوق المستهام) على أهميته وشهرته. هو الوحيد في بابه، فقد دلنا التتبع والاستقصاء على أن ثمة مخطوطات أخرى تنحو نحوه ولا تقل أهمية عنه. أهمها مخطوط لذي النون المصري يدعى (حل الرموز وبرء الأسقام في أصول اللغات والأقلام) يشتمل على 200 قلم (أي: لغة قديمة)، وآخر لباحث يدعى الجلدكي يشتمل على 70 قلماً.

إن هذه الدراسات وغيرَها تدلُّ على أن العلماءَ العربَ سبقوا غيرَهم - من حيثُ الشمول - إلى معرفة الأقلام القديمة وقراءتها وحلِّ رموزِها، وترجموا إلى العربيةِ ما عُمِّي منها، فكانت دراساتُهم هذه منارةً اهتدى بها علماءُ أوروبا في العصر الحديث، واقتبسوا الكثير منها في دراساتهم عن الخطوط القديمة والحضارات البائدة.■

وضع العرب في علم رموز الأقلام مصنفات أحصوا فيها الكثير من اللغات وتتبعوا رموز اللغات البائدة لكن نسب العلم إلى الآخرين ونسي أصحابه الحقيقون

العلماء العرب سبقوا غيرهم إلى معرفة الأقلام القديمة وقراءتها وحل رموزها واهتدى بها علماء أوروبا في دراساتهم عن الخطوط القديمة

ريادة عربية في تاريخ الجغرافيا الفلكية

مصطفى يعقوب عبد النبي *

ربما يبدو للوهلة الأولى أن العرب في جاهليتهم كانوا بمعزل عما جاورهم من أمصار، بحكم أنهم كانوا غارقين في بداوتهم، لا قبل لهم بأسباب العلم والحضارة. غير أن الحقيقة التي يعكسها واقع الحال هي على النقيض تماما من هذا الأمر؛ فقد كان العربي القديم خبيرا بالبيئة الصحراوية وظواهرها، وبنجوم السماء فيها. وكان له في ذلك معرفة أنضجتها السنون وهذبتها الخبرات الموروثة التي لا مكان فيها لأثر من خرافة.

ولعلنا لا نجاوز حد الصواب إذا قلنا إنه لو قدر لهذه المعارف المكتسبة أن تدون في حينها لمثلت تراثا علميا يندر أن يكون له نظير بين ثقافات الأمم فيما يختص بالبيئة الصحراوية، لا أثر فيه لشبه ترجمة أو نقل عن الغير، كما يحلو لجمهرة كبيرة من المستشرقين ومؤرخي العلم أن ينسبوا أي تقدم علمي للعرب إلى حركة الترجمة الواسعة النطاق التي حدثت في العصر العباسي.

ومن الأدلة على النشاط البحري عند العرب في عصر ما قبل الإسلام، أن أقدم وثيقة مكتوبة موثوق بها يستدل بها على قدم مساهمة العرب في التجارة والملاحة في المحيط الهندي، هي وثيقة يونانية ترجع

* كبير باحثين في هيئة المساحة الجيولوجية (سابقا)، (مصر).

بدايات الجغرافيا الفلكية

على الرغم من كثرة المؤلفات الجغرافية وأعلام الجغرافيين العرب، فإن التاريخ لم يحفظ لنا اسما واحداً من عرب الجاهلية أو صدر الإسلام لعالم جغرافي أو فلكي، غير أنه يجب ألا نغفل أناسا مجهولين كانوا أعلم قومهم بحقائق الجغرافيا والفلك، وكانوا من رواد علم الجغرافيا الفلكية، ونعني بهؤلاء «الأدلاء العرب» الذين كانوا يرشدون قوافل التجارة العربية في الصحراء المترامية الأطراف.

وإذا كان الدليل العربي هو أعلم قومه بمفردات الأرض في سيره نهارا،فهو - أيضا - أعلم قومه بذات القدر من المعرفة بمفردات السماء في سيره ليلا، فالبيئة الصحراوية لا تستغني عن معرفة أحوال النجوم بحكم الضرورة اللازمة والحاجة الملحُة لمثل هذا النوع من المعرفة.

ولعل الدليل العربي الوحيد الذي حفظ لنا التاريخ اسمه هو عبد الله بن أرقط، فهو الدليل الذي صحب النبي الكريم عليه الصلاة والسلام في رحلة الهجرة إلى المدينة المنورة.

ومن الشهادات الموثقة التي تؤكد أحقية العرب القدماء في ريادة الجغرافيا الفلكية في تاريخ العلم، ما أورده الطبري في تاريخه إبان الفتوحات الإسلامية، أن خالدا بن الوليد حينما كان يقاتل الفرس في دلتا نهر الفرات، قصد منطقة على تخوم الشام والعراق والجزيرة، وتوجه إلى مكة في طريق وعر جدا. وهذه الرحلة العجيبة لدى حج خالد ذهاباً وإياباً مع نفر قليل من أصحابه قطع فيها - بلغة المسافات المعاصرة - نحو ألفي كيلومتر تظهر أن العرب قبل الإسلام وفي أوائله كانوا على جانب عظيم من ثراء المعارف العلمية في الفلك والجغرافيا، والجغرافيا الفلكية بوجه أخص.

إلى القرن الأول الميلادي، وهي تقرير عام عن سواحل وموانىء المحيط الهندي، يصف بعض الموانئ العربية بالمزدحمة بالسفن والبحارة، ولهم تجارة واسعة مع ساحلي كينيا وتنزانيا.

ومعنى هذا أن العرب امتلكوا معرفة علمية متعلقة بكل موجودات الصحراء من معالم جغرافية ومعرفة أوقات هبوب الرياح وأنواعها وطرق السير الآمنة، وحركات النجوم السيارة في أفلاكها والاهتداء بها

كان العربي قديماً خبيراً بالبيئة الصحراوية وظواهرها وبنجوم السماء فيها وكان له في ذلك معرفة أنضجتها السنون وهذبتها الخبرات الموروثة

وثيقة يونانية قديمة ترجع إلى القرن الأول الميلادي تعد أول دليل موثوق على قدم مساهمة العرب في التجارة والملاحة بالمحيط الهندي

ثمة أناس مجهولون كانوا أعلم قومهم بحقائق الجغرافيا والفلك ومن رواد علم الجغرافيا الفلكية وهم الأدلاء العرب الذين كانوا يرشدون قوافل التجارة في الصحراء

ليلا، كما امتلكوا معرفة علمية بكل ما يختص بالسفر عبر البحر.

ولعل هذا النزوع الفطري للجغرافيا الذي لازم العربي القديم في حله وترحاله واكبه نزوع فطري مماثل في التعرف إلى أحوال النجوم؛ لأن النجوم تمثل طوق النجاة للسائر في الصحراء ليلاً. لذا فليس من الغريب أن يكون الشعر العربي القديم وخاصة الشعر الجاهلي حافلا بأسماء النجوم وأحوالها .ومن هنا تكونت للعربي القديم أشتات مؤتلفة من معارف مختلفة من الجغرافيا والفلك، تلك الأشتات التي كونت معا ما يعرف بـ«الجغرافيا الفلكية». ولعل أول من تنبه إلى البداية الحقيقية للجغرافيا الفلكية عند العرب ووصف معرفتهم بهذا الصدد المستشرق الروسي كراتشكوفسكي Kratckkovski.

كراتشكوفسكي

من أباطيل المستشرقين

بينما كان لدى العرب القدماء معارف علمية متقدمة بالفلك، نجد أن معظم المستشرقين ومؤرخي العلم تجاهلوا -عمداً أو سهواً- تلك المعارف العلمية المتقدمة. وربما -على هذا الأساس- لم يتجاوز مؤرخو علم الفلك لدى تأريخهم لبدايات هذا العلم في الحضارات القديمة شعوباً ثلاثة؛ المصريون القدماء والبابليون واليونانيون. ويرجع بعض المؤرخين التراث الفلكي اليوناني إلى أصول مصرية وبابلية. فأين العرب من هؤلاء؟

إننا لا نجد مؤرخاً يذكر شيئاً عن علم الفلك عند العرب قبل الإسلام، ليس هذا فحسب، بل إنْ مؤرخاً شهيراً كفيليب حتي يقرر أن دراسة الفلك من الناحية العلمية بدأت في الإسلام عندما تُرْجِم كتابا «السند هند» و«المجسطي». ومعنى هذا أن العرب - في عصر ما قبل الإسلام - لم يكن نصيبهم في الفلك شيئاً مذكوراً. غير أنّ قراءة الوثائق المسجّلة في التاريخ العربي القديم تُثبتُ باليقين أن العرب بلغوا شأواً كبيراً في معرفة النجوم، وربما فاقوا غيرهم من الأمم.

ومهما قيل في أدبيات المستشرقين ومؤرخي العلوم من الغربيين من تجن على العلم العربي أملته روح التعصب وسوء القصد، فإننا لا نعدم فريقا من مؤرخي العلم تميز بالحيدة والموضوعية

والتجرد من الهوى فأنصفوا العلم العربي وأشادوا بإنجازاته. ومن لك ما نقل عن المستشرق لويس ماسينيون من اكتشاف العرب للغيوم التي اهتدى بها ماجلان في رحلته حول العالم، وهو أمر يشهد للعرب بالتقدم الهائل في الملاحة البحرية فضلاً عن علم الفلك. وكانت العلاقات البحرية المنتظمة بين العرب والهند قد بدأت قبل الإسلام بوقت طويل؛ ثم ازدهرت الملاحة في بحر العرب بفضل اختراع العرب للشراع المثلث. وكان العرب يعرفون الطريقة القائمة على النجم القطبي الشمالي، ولكن هذه الطريقة لم تكن تصلح للاستخدام عند خط عرض مقديشيو، حين كان النجم القطبي الشمالي يغرق تحت الأفق.

وأدرك العرب أهمية إبحار التجار الهنود في كوتشي، القائمة على «نجم ثابت في الجنوب»، وكانوا منذ القدم قد استهدوا، وهم في الصحراء على ظهور الإبل، بالنجم «سهيل» بوصفه نجمة قطبية جنوبية.

وغيوم ماجلان، التي اهتدى بها الملاحون العرب في تجوالهم في بحر العرب والمحيط الهندي، هي التي اهتدى بها ماجلان، في عصر النهضة، حين دخل المحيط الهادي، من أجل إتمام دورة حول الأرض، في سنة 1522. ومن الذين ذكروا غيوم ماجلان هذه: تميم الداري (المتوفى سنة 40هـ) وابن وحشية (سنة 291هـ)؛ وعبد الرحمن الصوفي في «الكواكب المصورة»، (توفي سنة 376هـ). ومن النتائج المباشرة لريادة العرب في الجغرافيا الفلكية تصحيح علماء الفلك العرب أخطاء ما نقلوه عن التراث اليوناني، ومنها تصحيح مواضع المدن الكثيرة التي عينها بطليموس تعييناً جغْرافيًّاً غيرَ مطابق للحقيقة تماماً.

المستشرف نلينو

يعد المستشرق كارلو نلينو Nallino واحداً من الثقات في علم الفلك عند العرب وهو وثيق الصلة بالجغرافيا، إذ ألف كتابا شهيراً بعنوان «علم الفلك...تاريخه عند العرب في القرون الوسطى» أظهر فيه العلاقة بين تقدم العرب في علم الفلك من ناحية وبعض أركان الإسلام من ناحية أخرى.

ويوضح نلينو في كتابه دور العرب ولاسيما البيروني في قياس محيط الأرض على أساس علمي سليم، ومنها ما أسماه «قاعدة البيروني»، وهي تلك التسمية التي اشتهرت في أدبيات تاريخ العلم لقياس محيط الأرض. ومما يستحق الذكر أن البيروني أخرج تلك الطريقة المذكورة من القوة إلى الفعل كما جاء في كتابه «القانون المسعودي» وانتهى إلى إيجاد نصف قطر الأرض بفرق لا يزيد عن 15 كيلومتراً عن المعروف حالياً.■

تجنى معظم المستشرقين ومؤرخي العلوم على العلم العربي بدافع التعصب وسوء القصد لكن هناك ثلة منهم تميزوا بالموضوعية وأنصفوا العلم العربي وأشادوا بإنجازاته

تغيّر العقل

بصمات التقنيات الرقمية على أدمغة البشر

د. عبدالله بدران *

لم تعد ظاهرة انتشار شبكات التواصل الاجتماعي في كل مكان، وهيمنتها على عقول الشباب، وتأثيرها في التوجهات والرؤى والأفكار خافية على أحد، أو مجهولة للجمهور، أو خفية لكل المعنيين الذين يتابعون التطورات الحاصلة في المجتمعات، والقوى التي تعمل على تغييرها، وتؤثر في هويتها.

لكن التأثير الهائل الذي تحدثه شبكات التواصل الاجتماعي في الدماغ، والتغيير الذي تسببه للعقول، لم يحظ بدراسات كثيرة، بسبب صعوبة ذلك النوع من الدراسات، والحاجة إلى مدة طويلة حتى تظهر التجارب والتطبيقات نتائجها.

* المحرر العلمي للمجلة

وبطبيعة الحال، وبالنسبة إلى كثيرين، فإن التواصل عبر الشبكات الاجتماعية يمثل عاملا مساعدا ممتعا للحياة العادية، يعزز التواصل مع الأصدقاء الذين جرى اكتسابهم في العالم الحقيقي. لكن سبب رواج هذه المواقع يرجع إلى أكثر مما توحي به أناقتها وقدرتها على جعل الحياة أسهل. يمكن اعتبار مواقع الشبكات الاجتماعية نوعا من "سَقْط الطعام" بالنسبة إلى الدماغ: فهي غير ضارة بما فيه الكفاية عند استخدامها باعتدال، لكنها ضارة عند الإفراط في استخدامها.

تغير العقل والإرادة الحرة

تقول مؤلفة كتاب (تغير العقل) إنها ركزت جهودها على مدار عقود عدة على محاولة اكتشاف الآليات العصبية الأساسية المسؤولة عن الخَرَف، الذي يعني حرفيا فقدان العقل. لكن حتى قبل أن ترتدي المعطف الأبيض للمرة الأولى، كان الذي يمتلك جاذبية مطلقة بالنسبة لها هو السؤال الأوسع والأعمّ حول ما عساه أن يشكّل الأساس المادي للعقل نفسه. وفي رحلتها غير التقليدية إلى أبحاث الدماغ عن طريق الفلسفة الكلاسيكية، كانت دائما مهتمة بالأسئلة الكبيرة حول ما إذا كان البشر يمتلكون بالفعل إرادة حرة، والكيفية التي يمكن للدماغ المادي عن طريقها توليد التجربة الشخصانية للوعي، وما السبب الذي يجعل كل إنسان فريدا من نوعه.

وتضيف مؤلفة الكتاب الذي ترجمه الدكتور إيهاب عبد الرحيم ونشره المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب في الكويت إنها على مر السنين بحثت في تأثير البيئة المحفزة والتفاعلية «المخصّبة» في العمليات الدماغية، وكذلك في إفراز وعمل الدوبامين، المرسال الكيميائي الدؤوب المتعدد البراعات، والذي يرتبط بدوره بالتجارب الشخصانية للمكافأة والسرور، والإدمان. كما بحثت في كيفية عمل عقار الريتالين، الذي يستخدم لعلاج اضطراب نقص الانتباه وفرط الحركة (ADHD)، وفي الكيفية التي يمكن بها للتبصرات المستمدة من العلوم العصبية أن تسهم في تحسين الأداء في الصف الدراسي. ومع ذلك فقد كان هناك دائما موضوع أساسي مشترك بين جميع المجالات البحثية المتنوعة هذه، بما في ذلك الأبحاث حول الاضطرابات التنكسية العصبية: الآليات الدماغية المستحدثة، وكيفية تفعيلها على نحو غير ملائم في المرض، وبشكل أعم، كيف تمكّن هذه العمليات العصبونية غير المفهومة تماما حتى الآن كل واحد منا من التكيف مع بيئته الفردية الخاصة - أي أن تصبح أفراداً؟

يتمثل الهدف الرئيسي من كتاب (تغيّر العقل) في استكشاف الطرق المختلفة التي يمكن أن تؤثر بها التقنيات الرقمية ليس فقط في أنماط التفكير والمهارات المعرفية الأخرى، ولكن أيضا في نمط الحياة، والثقافة، والتطلعات الشخصية. ووفقا لذلك، فبالإضافة إلى تغطية المؤلفات العلمية الخاضعة لمراجعة الأقران، يجد القارئ مناقشة لمختلف السلع والخدمات التي قد تكشف عن نوع جديد من طرق التفكير، فضلا عن التعليقات والتقارير المنشورة في الصحافة الشعبية التي تعمل كمرآة للمجتمع الذي نعيش فيه.

وجاء الكتاب في 20 فصلاً، تنوعت موضوعاتها ومحتوياتها لتعبر عن تجربة ثرية للكاتبة وعن دراسة معمقة لموضوع الكتاب الأساسي من جوانب عدة، مع استشهادات كثيرة، وعرض لنتائج وتجارب علمية. وكانت عناوين الفصول هي:(تغير العقل: ظاهرة عالمية)، و(أزمنة غير مسبوقة)، و(مسألة مثيرة للجدل)،

التأثير الهائل الذي تحدثه شبكات التواصل الاجتماعي في الدماغ لم يحظ بدراسات كثيرة بسبب صعوبة ذلك النوع من الدراسات والحاجة إلى مدة طويلة حتى تظهر التجارب والتطبيقات نتائجها

يتمثل الهدف الرئيسي من كتاب (تغيّر العقل) في استكشاف الطرق المختلفة التي يمكن أن تؤثر بها التقنيات الرقمية في أنماط التفكير ونمط الحياة والثقافة والتطلعات الشخصية

جاء الكتاب في 20 فصلا تنوعت محتوياتها لتعبر عن تجربة ثرية للكاتبة وعن دراسة معمقة لموضوع الكتاب مع استشهادات عدة وعرض لنتائج وتجارب علمية

و(ظاهرة متعددة الأوجه)، و(كيف يعمل الدماغ)، و(كيف يتغير الدماغ)، و(كيف يصبح الدماغ عقلاً)، و(أن تفقد عقلك)، و(الشيء المتعلق بالشبكات الاجتماعية)، و(الشبكات الاجتماعية والهوية)، و(التواصل عبر الشبكات الاجتماعية والعلاقات)، و(التواصل عبر الشبكات الاجتماعية والمجتمع)، و (الشيء المتعلق بألعاب الفيديو)، و(ألعاب الفيديو والانتباه)، و (ألعاب الفيديو والعدوان والتهور)، و(الشيء المتعلق بتصفح الإنترنت)، و(الشاشة هي الرسالة)، و(التفكير بشكل مختلف)، و(تغيّر العقل فيما وراء الشاشة)، و(صنع الارتباطات).

ظاهرة عالمية

في الفصل الأول الذي تستعرض فيه تخلص المؤلفة مستويات تغير العقل إلى نتيجة مفادها أن الحجة التي يستند إليها مفهوم تغيّر العقل هي: يتكيّف الدماغ البشري على أي بيئة يوضع فيها. وترى أن عالم الإنترنت الذي يميز القرن الحادي والعشرين يقدم نوعا جديدا من البيئة. لذا، ربما يتغير الدماغ بصورة موازية لذلك وبطرق جديدة متوافقة معها. وإلى الحد الذي يمكننا معه أن نبدأ في فهم وتوقع هذه التغيرات الإيجابية أو السلبية، ستزداد قدرتنا على التنقل عبر أرجاء هذا العالم الجديد.

وعندما يناقش الكتاب الكيفية التي يتغير بها العقل يخلص إلى وجود أدمغة طائفة كاملة من الحيوانات تتسم بلدونتها المدهشة، وإلى أن الدماغ البشري يُعد متفوقا في ذلك بصورة استثنائية. فهو يتكيف ماديا باستمرار مع الأنواع المتكررة من السلوكيات، وذلك وفقا لمبدأ «استخدم قدراتك وإلا فستخسرها». يتسم هذا التحديث العصبوني الذي لا نهاية له بأنه واضح بشكل خاص خلال الأطر الزمنية الحرجة خلال النماء، لكنه يستمر طوال الحياة وحتى سن الشيخوخة. ومع ذلك فاللدونة لا تتوقف عند تكرار مهارات معينة. إن التجربة المجردة للعيش والتفاعل في بيئة معينة تترك بصماتها على الدماغ ، مما يؤدي بدوره إلى دوائر دماغية شخصانية وفريدة من نوعها (الحالة الذهنية)، والتي يمكن أن تؤدي في النهاية إلى مزيد من التغيرات المادية في الدماغ والجسم.

الشبكات الاجتماعية

وحينما تناولت الكاتبة الشبكات الاجتماعية رأت أن الشيء المتعلق بالشبكات الاجتماعية يسخّر ويعزز حلقة بيوكيميائية يرجّح أن تكون مفرغة، حيث تضمن القوى البيولوجية التطورية أن يشعر البشر بالرضا عندما يكافحون الشعور بالوحدة عن طريق تبادل المعلومات الشخصية مع الآخرين، ويحدث ذلك بوساطة إفراز الدوبامين في

الدماغ. ونتيجة لذلك، يخلق الإفصاح الذاتي ضربا من المتعة الخالصة التي تتسم بكونها مباشرة مثل تلك المستمدة من الطعام، أو الجنس، أو الرقص، أو الرياضة. وحتى الآن، فإن هذه الرغبة الطبيعية للسماح بالإفصاح عن كل شيء قد تقابلها الصرامة والقيود المفروضة على لغة الجسد في الاتصال المباشر وجها لوجه، مما يجعل الشخص واعيا تماما بذاته الخاصة. و(من الممكن لهذا الوعي بكونك شخصا عاديا أن يؤدي دورا قيما جدا في ضمان ألا يجري التلاعب بنا أو الاستيلاء علينا من الخارج.

ومن ثم، من خلال كبح الرغبة الطبيعية في الكشف عن المعلومات حول أنفسنا لكل شخص وأي شخص، فإن الرغبة المعاكسة في الخصوصية تضمن أن الأفراد الموثوق بهم هم وحدهم الذين يمكن لهم الوصول إلى ذاتك «الحقيقية» السريعة التأثر).

وتقترح الكاتبة التواصل عبر الشبكات الاجتماعية لإزالة تلك القيود، مما يسمح للأفراد بالكشف عن معلومات أكثر من أي وقت مضى من خلال هذه الوسيلة. والتنازل الناتج من ذلك الحق المكتسب القديم في الخصوصية قد يعني أن الآخرين سيفكرون أقل في ذاتك «الحقيقية» التي جرى كشفها الآن. ولكن تخيل لو أصبح هذا النمط من الإفصاح الذاتي والتغذية الراجعة المستمرة هو القاعدة. قد يصبح من الصعب على نحو متزايد حماية «الذات الحقيقية»، مع كل ما تحتويه من نقاط الضعف والفشل، من أن يُعاد تشكيلها واستبدالها بذات مثالية بصورة مبالغ فيها، كتلك المعروضة لجمهور مؤلف من مئات من «الأصدقاء» و«المتابعين». وهنا ينتهي الكتاب إلى تسؤل منطقي هو: ما الذي يمكنه إذن أن يحدث إذا ما بدأت هذه الشخصية التي جرى تلميعها افتراضيا في استخراج ذاتك الحقيقية؟

التواصل المستمر

لاشك في أن شبكات التواصل الاجتماعي تقدم وعدا بأن يكون المرء على الدوام «متصلاً، ومرغوباً، ومثيراً للإعجاب، وحتى محبوباً» كما يقول الكتاب. وتلك الشبكات جلبت إلى مجتمعنا تفسيرات للهوية والعلاقات تتحدى القيم والأخلاق الحالية، وذلك بطريقة لم تكن متخيّلة حتى قبل عقد واحد من الزمان.

لا يزال النقاش قائما بشأن قيمة التكنولوجيا الرقمية المنتشرة في التعليم من دون إجابة؛ لذا - كما تقول المؤلفة- سيتعين علينا أن ننتظر حتى يتولى مراهقو اليوم أولى وظائفهم. حاليا، يبدو أن أي تأثير متوسط المدى أو قصير المدى سيعتمد على السياق الذي تبرز فيه الشاشات: ما يجري تدريسه، على يد مَن، وأين يُدرّس. وبشكل أكثر عمومية، فبالنسبة إلينا جميعا، فإن تقنيات الشاشة التفاعلية القوية تلك ليست مجرد تجارب مثيرة ولكنها أدوات مهمة أعادت تشكيل عملياتنا المعرفية، وستستمر في ذلك لتخلق كلا من المنافع والمشكلات. إن الفرق بين رقاقات السيليكون والورق، وسبل تشتيت الانتباه التي ينطوي عليها تعدد المهمات والنص التشعبي، والميل إلى التصفح بدلا من التفكير بعمق؛ تشير جميعها إلى حدوث تحولات جوهرية في الكيفية التي يُطلب بها من عقولنا أن تؤدي عملها.■

شبكات التواصل الاجتماعي جلبت إلى مجتمعنا تفسيرات للهوية والعلاقات تتحدى القيم والأخلاق الحالية وذلك بطريقة لم تكن متخيّلة حتى قبل عقد واحد من الزمان

الفرق بين رقاقات السيليكون والورق وسبل تشتيت الانتباه التي ينطوي عليها تعدد المهمات والنص التشعبي والميل إلى التصفح بدلا من التفكير بعمق تشير إلى تحولات جوهرية في الكيفية التي يُطلب بها من عقولنا أداء عملها

المعلوماتية الحيوية: الشفرة الوراثية و أدوات معرفتها

د. سوزان أحمد البستان

أستاذ مشارك في الوراثة البشرية و الجزيئية، قسم العلوم البيولوجية في كلية العلوم، ومدير برنامج الماجستير المشترك في تخصص البيولوجيا الجزيئية بجامعة الكويت

أدى التطور في مجال تقانة المعلومات والمعوماتية الحيوية إلى اكتشاف أسرار الشفرة الوراثية لمختلف الكائنات الحية. ويمكن تشبيه المادة الوراثية والمعلومات المحتواة فيها بمكتبة ما؛ إذا كانت المكتبة صغيرة فمثلها في الطبيعة البكتريا، وإذ كانت كبيرة وتحوي موسوعات عدة فمثلها الخلايا البشرية، إذ تحوي كتب الكائنات الحية الصفات الوراثية، وهي على هيئة جمل مفيدة تتكون من 64 كلمة مختلفة تكوَّن في النهاية الأحماض النووية المعروفة. وتوريث الصفات الوراثية عبر الأجيال يعتمد على قوانين علمية اكتشفها العالم غريغور مندل عام 1865. بعدها اهتم العلماء بمعرفة حقيقة التركيب الكيميائي للمادة الوراثية ومعرفة أسرار الشفرة الوراثية ومعانيها.

وتحدد المعلومات الوراثية تاريخ تطور الكائنات وعلاقاتها بالكائنات الأخرى، وكيفية نقل المعلومات إلى الصفات الظاهرة و الوظائف البيولوجية. وفي عام 1990، وضع مجموعة من علماء الوراثة البشرية مشروع الجينوم البشري الذي كان الدافع إلى التطور السريع في علم الوراثة الذي يسمى حالياً علم البيولوجيا الجزيئية. وأدى ذلك التطور إلى استحداث تخصصات جديدة مثل المعلوماتية الحيوية وعلم الجينوم وعلم البروتين. هذه العلوم تجمع بين الأدوات الإحصائية والتقنيات الحاسوبية عن طريق توظيف برامج الحاسوب لتنظيم وتحليل البيانات الوراثية و البروتينية، لأن هذه البيانات تمثل إرشادات دقيقة لتكوين و توظيف خلايا الكائنات الحية. وينشىء علماء المعلوماتية الحيوية أدوات تسمح بتجميع وتحليل البيانات الوراثية (تسلسل الأحماض النووية و الأمينية)، لمعرفة معانيها وكيفية نقلها للإرشادات البيولوجية. ومن أهم تلك الأدوات قواعد بيانات تسمح للعلماء بالتواصل من أجل تبادل المعلومات الوراثية وتوظيفها في البحث العلمي وتطبيقات أخرى.

وحاليا، ثمة مئات من قواعد البيانات وأدوات المعلوماتية الحيوية من أبرزها قاعدة البنك الجيني (Genbank) التابع للمركز الوطني لمعلومات التكنولوجيا الحيوية (NCBI). وقد أصبح مجال المعلوماتية الحيوية ضروريا لعلوم البيولوجيا والطب والصيدلة والدراسات البيئية والأدلة الجنائية. ولمواكبة التقدم العلمي، وللاستفادة من المعارف الحديثة، فقد استحدث برنامجُ البيولوجيا الجزيئية التابع لقسم العلوم البيولوجية في كلية العلوم بجامعة الكويت عدة مقررات في المعلوماتية الحيوية على المستوى الجامعي والدراسات العليا، تتضمن التعرف إلى الأدوات المختلفة والبرامج الخاصة في المعلوماتية الحيوية لتطبيقها على البيانات الوراثية، بهدف تنظيمها وتحليلها والتوصل إلى نتائج علمية منها، وذلك من خلال دراسة الكائنات الحية وعلاقاتها التطورية والبيولوجية والفسيولوجية. ■

مجلة العلوم

KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

مجلة العلوم تصدر شهريًا في دولة 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 دعم التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. وتسعى المجلة إلى تمكين القارىء غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتكنولوجية.

يمكنكم شراء العدد من

subscriptions@kfas.org.kw

كيف تعمل الأشياء

KFAS
مـؤسسة الـكويت للـتقدم الـعلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

يمكنكم شراء العدد من
subscriptions@kfas.org.kw