مجلة هيئة الطاقة الذرّية السورية
2020

عالم الذرّة

المبيدات النانوية وقود تريزو

ومسرع على القمر
وملجأ نووي فاخر على الأرض

الحوسبة الفائقة في مواجهة الفيروس التاجي المستجد كوفيد-19

هل نحن مستعدون للمستقبل؟

تأثير الذكاء الصنعي على إدارة الأدب الرمادي

www.saec.sy/aznis/Slider.aspx

عـالـم الـذرّة

مجلة دورية تصدر عن هيئة الطاقة الذرّية السورية. وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذرّي والنووي وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.

المديـر المسـؤول

أ. د. إبراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرّية السورية

رئيس هيئـة التحرير

أ. د. ناديا حيدر

أعضاء هيئـة التحرير

أ. د. فواز كرد علي

أ. د. محفوظ البشير

أ. د. عادل باكير

أ. د. عبد الحميد الريس

أ. د. جمال أصفهاني

أ. د. محمد طلاس

أ. د. محمد بهاء الصوص

أ. د. محمد سوقية

أ. د. إياد غانم

أ. د. عبد الغفار اللافي

أ. د. سامي حداد

التنضيد والأرشفة

غفران ناوروز

هنادي كنفاني

التدقيق اللغوي

ريما سنديان

هدى كركوتلي

الإخـراج الفنـي

بشار مسعود

أمل قيروط

راما الكاج

المحتويات

مقـــالات

المبيدات النانوية 8

هل نحن مستعدون للمستقبل؟ 12

مقارنة تقنيات التحليل العنصري المرتبطة بكشف الأشعة السينية 24

الحوسبة الفائقة في مواجهة الفيروس التاجي المستجد كوفيد-19 40

الحساسات والرقائق الإلكترونية القابلة للزرع في الجسم البشري أو القابلة لارتدائها مع الملابس 46

أخبار علمية 53

53 تحويل إناث البعوض إلى ذكور غير قادرة على اللسع
وهذا له تبعات تتعلق بمكافحة البعوض

55 استكشاف الكيفية التي يمكن من خلالها لسم العقرب المساعدة في علاج الأزمات القلبية

56 تصنيع حرير العنكبوت من قبل بكتريا قادرة على التمثيل الضوئي

57 وقود تريزو ومسرع على القمر وملجأ نووي فاخر على الأرض

قواعد النشر في مجلة عالم الذرّة

شروط النشر

- أن يتوجه المقال لأكبر شريحة علمية ولم يسبق نشره أو إرساله للنشر في مجلة أخرى.
- أن يكتب المقال بمنهجية علمية صحيحة وبلغة سليمة.

شروط الإعداد

- يفضل أن يكون عنوان المقال مقتضباً ومعبّراً عن المضمون.
- يلي ذلك ملخص، لا يتجاوز مئة وخمسين كلمة، باللغة العربية وملخص باللغة الإنجليزية، على صفحتين منفصلتين، يتضمن كل منهما عنوان المقال، واسم مقدم العمل وصفته العلمية، والمؤسسة العلمية التي يعمل بها وعنوان المراسلة باللغتين العربية والأجنبية **tapo@aec.org.sy**. يتبع كل ملخص الكلمات المفتاحية على الصفحة نفسها.
- الجداول: يكتب عنوان الجدول فوق الجدول ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الجدول إذا لم يرد ذلك في متن النص.
- الأشكال: يكتب عنوان الشكل تحت الشكل ويعطى رقماً متسلسلاً. تشرح الرموز الواردة في الشكل إذا لم يرد ذلك في متن النص. وتوضع الأشكال في ملف منفصل وتوضع التسميات في الشكل باللغة العربية أو توضع تحت الشكل ترجمة باللغة العربية للكلمات في الشكل.
- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالة (*، +، x، ..) في الصفحة ذاتها.
- المراجع: توضع المراجع إذا كانت موجودة آخر النص وترتب أبجدياً. ويتم إعدادها في قائمة على النحو التالي:

الأوراق العلمية:

- Lodhi MA, Ye GN, Weeden NF et al. (1994). A simple and efficient method for DNA extraction from grapevine cultivars and Vitis species. Plant Molecular Biology Reporter 12(1): 6-13.

الكتب:

- Al-Khayri JM, Jain SM, Johnson DV (2015). Date Palm Genetic Resources and Utilization, Vol 2: Asia and Europe. Dordrecht: Springer.

فصول في كتب:

- Haider N (2011). Identification of plant species using traditional and molecular-based methods, pp. 1-62. In: Wild Plants: Identification, Uses and Conservation (ed. Davis RE), Nova Science Publishers, Inc., New York, USA.

أطروحات:

- Haider N (2003). Development and Use of Universal Primers in Plants. PhD thesis. The University of Reading, Reading, UK.

مراجع الانترنت:

- Beauchamp FJC (2016). The history and origin of coffee. Available at: www.fjcollao.com/documents/HistoryOfCoffee.pdf (accessed 25 June 2019).

- تراعى في كتابة النص على الحاسوب إرشادات التنضيد حول علامات الترقيم والحالات الأخرى الواردة في المجلة والموجودة على موقع مجلة عالم الذرة.
- يذكر مرة واحدة في المقال، المقابل الأجنبي للمصطلح العربي.
- تستخدم وحدات قياس الجملة الدولية (SI) في القياس.

- عدم تأطير الأشكال والخطوط البيانية بأي إطار.
- كتابة الرموز الأجنبية على شكل نص أو إدراج الرموز المعقدة والمعادلات على شكل صورة. وعدم استعمال محرر المعادلات.
- استخراج وتصدير المنحنيات البيانية على شكل صور بدقة عالية (أكبر من 300dpi).
- إرفاق الصور والأشكال البيانية المدرجة في النص بصيغة صورة بدقة عالية (أكبر من 300dpi). كملفات منفصلة إضافة لوجودها في سياق النص.
- اختيار الورق بقياس 21×29.7 سم (A4). واختيار نوع الخط Simplified Arabic وحجم 14 للنص العربي. وخط نوع Times New Roman وحجم 12 للنص الأجنبي. واختيار فراغ مضاعف بين السطور.
- يجب ألا يتجاوز عدد صفحات المقال 20 صفحة.

شروط الإيداع والتحكيم

- تقدم نسخة ورقية من مادة النشر منضدة بالحاسوب ومطبوعة على ورق بقياس A4. يرافق ذلك نسخة إلكترونية بصيغة Word، (ويفضل إرسال نسخة إلكترونية إضافية بصيغة pdf).
- يحق لإدارة المجلة إعادة البحث لتحقيق المنهجية العلمية وشروط النشر.
- تخضع مادة النشر للتحكيم ولا ترد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر. و تلتزم هيئة التحرير بإشعار معد المقال بنتيجة التحكيم و يعطى الباحث مدة شهر كحد أقصى للأخذ بملاحظات المحكمين أو الرد على ما تطلبه رئاسة التحرير وتسليم المقال بشكله النهائي للنشر.

إرشادات منشودة إلى المشاركين في المجلة

حول علامات الترقيم وبعض الحالات الأخرى عند كتابة النصوص باستخدام الحاسوب

بقلم المرحوم أ. د. زياد القطب

تساعد علامات الترقيم الكاتب على تقسيم كلامه وترتيبه وتوضيح مقصوده، كما تساعد القارئ على فهم ما يقرأ ومعرفة أماكنِ التوقف وأداء النبرة المناسبة.

غير أن المقصود من استعراض علامات الترقيم هنا هو كيفية توظيفها وتلافي الأخطاء عندما نستخدم الحاسوب في كتابة النصوص، الأمر الذي يواجه المنضّد لدى التحكم في مكان الفراغات بين الكلمات وعلامات الترقيم، ولطالما انعكس ذلك سلباً على كادر التنضيد في مكتب الترجمة بالهيئة عند عدم مراعاة الإرشادات المدرجة أدناه.

لذا فإننا نهيب بالعاملين في أقسام الهيئة ودوائرها ومكاتبها المختلفة التقيّد بمضمون هذا التعميم تلافياً لكل إشكال قد يواجه كادر التنضيد. وسنورد في طيّه مثالاً عن كل واحدة من علامات الترقيم لبيان القاعدة التي ينبغي اتباعها، ذاكرين في هذا السياق الإشكالية التي قد تحصل في حالة عدم التقيد بالقواعد المدونة أدناه. فمثلاً عندما نترك فراغاً بين القوس والكلمة التي تلي قوس البداية أو تسبق قوس النهاية في المثال التالي: "في الواقع قلبت المعالجة بسلفيد الهدروجين الفئران التي نجري عليها تجاربنا من حيوانات ذات دم حار إلى حيوانات ذات دم بارد [3_m]"، يتضح الإرباك الذي قد يقع فيه القارئ نتيجة ترك فراغ مفروض من الحاسوب بين الرقم 3 والقوس النهائي دونما قصد من جانب المنضد.

وبهدف تجنب مثل هذه الحالات وتوخّياً منّا للإخراج المتناسق والموحّد فإننا نأمل التقيّد بالملاحظات التالية المتعلقة بقواعد كتابة العلامات المدرجة أدناه:

البند الأول

علامات الترقيم: النقطة (.)، الفاصلة (،)، الفاصلة المنقوطة (؛)، النقطتان (:)، علامة الاستفهام (؟)، علامة التعجب (!)، النقاط المتتالية (...)، علامة الاعتراض (–...–)، علامة الاقتباس ("..."، الواصلة الصغيرة (–)، الأقواس ({}، []، ())، الشرطة المائلة (/).

وذلك مع التنبيه إلى ترك فراغ واحد بعد علامة الترقيم وليس قبلها، كما هو مبيّن أدناه:

النقطة (.): توضع في نهاية الجملة لتدلَّ على تمام المعنى، وفي نهاية الكلام.

– مثال: صدر اليوم العدد الجديد من مجلة عالم الذرّة. نأمل أن يحوز هذا العدد رضاء القارئ الكريم.

الفاصلة (،): توضع بين الجمل القصيرة المتعاطفة أو المتّصلة المعنى.

– مثال: ولذلك فإن علماء المناعة لديهم اهتمام شديد، ليس فقط باكتشافات ماهية الجزيئات المشتركة في هذه الحوارات، ولكن أيضاً بكيفية تفاعلها لتتمكن من اتخاذ مثل تلك القرارات الحاسمة.

الفاصلة المنقوطة (؛): توضع بين الجمل الطويلة المتّصلة المعنى، أو بين جملتين تكون إحداهما سبباً في الأخرى.

– مثال: من أهدافنا نشر المعرفة العلمية؛ بمعنى إتاحتها لجميع الراغبين بالمعرفة.

النقطتان (:): توضعان بعد كلمة قال أو ما في معناها وعند الشّرح والتفسير دون ترك فراغ قبلهما.

– مثال: الهدفان المهمان هما: إنتاج عمل مهم وإيصاله إلى القارئ الكريم.

علامة الاستفهام (؟): توضع بعد الجملة الاستفهامية مباشرة دون ترك فراغ قبلها.

– مثال: أين ذهبت المادة المضادة بكاملها؟

علامة التعجب (!): توضع بعد التَّعجب أو النداء أو ما يدلُّ على الفرح أو الألم أيضاً دون ترك فراغ قبلها.

– مثال: كيف كان الكون بعد الانفجار العظيم!

النقاط المتتالية (...): تدلُّ على أنَّ الكلام فيه حذف أو أنَّه لم ينته ويترك فراغ قبلها وبعدها.

– مثال: يرى هولستون وأبادوراي "أن في بعض الأماكن، لا تكون الأمة وسيطاً ناجحاً للمواطنة ... وأن مشروع المجتمع القومي للمواطنين، خاصة الليبرالي ... يبدو، أكثر فأكثر، كأنه استنفد أغراضه وفقد مصداقيته".

علامة الاعتراض (–...–): وهي خطّان صغيران توضع بينهما جملة معترضة داخلة بين شيئين متلازمين من الجملة كالفعل والفاعل أو الفعل والمفعول به، أو المبتدأ والخبر، أو المتعاطفين.

- مثال: إن المؤتمر الدولي –للجيل الرابع من المفاعلات– مبادرة مهمة.

علامة الاقتباس ("..."): وهي قوسان صغيران يوضع بينهما ما ننقله من كلام بنصِّه دون تغيير.

- مثال: أنجز الباحث مقالاً بعنوان "سوق اليورانيوم ومصادره" وهو في طريقه إلى النشر.

الواصلة الصغيرة (-): توضع في أوَّل الجملة وبأوَّل السَّطر للدَّلالة على تغير المتكلِّم اختصاراً لكلمة (قال أو أجاب) أو للإشارة إلى بند جديد. ونشير هنا إلى ضرورة وضع فراغ بعدها.

- مثال: - المقدمة.

وتوضع للوصل بين كلمتين أو للوصل بين رقمين وذلك بدون ترك فراغ قبلها أو بعدها.

- مثال: مركبات عضوية–معدنية.

وكذلك توضع بين رقمين.

- مثال: انظر المراجع 154-161.

الأقواس {...} [...] (...): عند كتابة أي من هذه الأقواس يُترَك فراغ قبلها وآخر بعدها وليس بينها وبين ما بداخلها.

- مثال على واحد من هذه الأقواس: يجب أن يشمل مفهوم الإنتاجية كلاً من القيمة (الأسعار) والكفاءة.

الشَّرطَةُ المائلة (/): لا يُترَك فراغ قبلها ولا بعدها.

- مثال: نيسان/أبريل.

البند الثاني (حالات أخرى):

الأرقام: يجب التقيد بكتابة الأرقام العربية (0، 1، 2، .... 9) وليس الهندية (٠، ١، ٢، ..... ٩) وعدم ترك فراغ بين الرقم والفاصلة في حين يترك الفراغ بالضرورة بعد الفاصلة والرقم الذي يليها.

الأرقام التي نكتبها داخل الأقواس لا يترك فراغ قبل الأول منها ولا بعد الأخير منها (مثال: [1، 4، 7]، أما إذا كانت متتابعة فتكتب على النحو التالي [1-5]).

الكلمات الأجنبية في النص العربي: داخل النص العربي لا تبدأ الكلمات الأجنبية بحرف كبير إلا إذا كانت اسم علم أو بلد (مثال: Syria ،superconductivity). ولطالما خلقت لنا هذه الإشكالية متاعب جمّة.

الكلمات المفتاحية: نضع الفاصلة بين الكلمة المفتاحية والتي تليها، وإذا كانت الكلمات المفتاحية مترجمة إلى الإنكليزية أو الفرنسية فنبدؤها بالحروف الصغيرة إلاّ إذا كانت الكلمة اسم علم أو بلد عندها نكتب الحرف الأول من الكلمة كبيراً (مثال: Alfred.)

حرفا العطف (و) و (أو): لا يترك فراغ بعد حرف العطف (و)، مثال: إن التنافسية الاقتصادية هي ضرورة للسوق، وهي أساسية لمنظومات الجيل الرابع، أمّا إذا بدأت الكلمة التالية لحرف العطف (و) بحرف الواو أيضاً فإنه يُفضّل ترك فراغ بين الواو والكلمة التي تليه (مثال: تركت أهلي صباح اليوم و ودّعتهم في المطار).

أما في حالة الأسماء، نضع حرف الواو (و) منفصلاً بين اسم المؤلف وبين الاسم الذي يليه (مثال: طريف شربجي و زهير أيوبي و فاطر محمد).

في حالة (أو)، ينبغي ترك فراغ بعدها (مثال: حُدِّدت المسائل المتوقع حلّها سواء على المستوى الثقافي أو التنظيمي أو الإداري).

النسبة المئوية (%): نجعلها دائماً على يسار الرقم وبدون فراغ بينها وبين الرقم (مثال: 40%).

الواحدات (ميغاهرتز، سم، كيلوواط، ...): إذا كانت بالعربية نضعها على يسار الرقم وإذا كانت بالإنكليزية نضعها على يمين الرقم ونترك فراغاً بينها وبين الرقم ونذكر مثالاً: (15 كيلوغراماً (15 kg)).

أشهر السنة الميلادية: نكتبها كما يلي دون ترك فراغات بينها وبين الشرطة المائلة:

كانون الثاني/يناير، شباط/فبراير، آذار/مارس، نيسان/أبريل، أيار/مايو، حزيران/يونيو، تموز/يوليو، آب/أغسطس، أيلول/سبتمبر، تشرين الأول/أكتوبر، تشرين الثاني/نوفمبر، كانون الأول/ديسمبر.

يتنبأ الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC بعشرة ابتكارات كيميائية من شأنها تغيير العالم، وإحدى هذه الابتكارات هي المبيدات الحشرية النانوية.

تُعرّف المبيدات النانوية، هنا، أنها مبيدات الآفات الزراعية المستخدم في تركيبتها تقنيات النانو الهادفة لتحسين خصائص هذه المبيدات، وتمثل المبيدات النانوية تطوراً تكنولوجياً ناشئاً يمكن أن يوفر، بالمقارنة مع مبيدات الآفات التقليدية، مجموعة من الفوائد بما في ذلك زيادة الفعاليّة وتقليل الكميات المستخدمة منها حالياً. كما أن لهذه التقنيات الجديدة القدرة على إيقاف الآفات، دون إيذاء النحل.

يمكن للمبيدات الحشرية ذات الأبعاد النانوية أن توفر مكونات نشطة عندما تكون مطلوبة دون تلويث البيئة، وهناك حاجة ماسة إلى كيماويات زراعية أكثر كفاءة لدعم سكان العالم الذين سيصل عددهم إلى 10 مليارات نسمة بحلول عام 2050.

أظهرت بعض الدراسات، حتى الآن، أن مواد المبيدات النانوية هي في الواقع أكثر كفاءة من نظيراتها التقليدية، غير أنه لم يتم اعتماد أي منها للمكافحة حتى الآن. يوضح الشكل التالي دلالة على محاور الأبحاث التي تجري عالمياً.

ورغم العدد الكبير من الدراسات البحثية التي تم إجراؤها، لم تتم الموافقة بعد على أي منتج يندرج بوضوح ضمن فئة مبيدات النانو للتسويق كمنتج لوقاية النباتات، إلّا في الاتحاد الأوروبي؛ إذ يُعدُّ ثنائي أكسيد السليكون SiO_2 المادة الفعالة الوحيدة المعتمدة للاستخدام كمواد نانوية في إنتاج المبيدات الحيوية.

لقد أقر باحثو الاتحاد الأوروبي مبدأ تطوير المبيدات النانوية من خلال تبني اللوائح المعتمدة في أجزاء مختلفة من العالم لتحديد المنتجات التي تغطيها تقنية النانو، آخذين بالاعتبار مواءمة طرق تقييم مخاطرها على الصحة العامة والبيئة. وسيرتبط مستقبل هذه المنتجات بالموازنة بين مزاياها من ناحية تعزيز الكفاءة والحد من استخدام المنتجات التقليدية لوقاية النباتات وتأثيراتها، ومن ناحية أخرى، عيوبها المرتبطة بالتلوث الذي تحدثه الجسيمات النانوية تجاه البشر والبيئة.

مشاكل التعريف

يستخدم مصطلح المبيدات النانوية لتعيين مجموعة واسعة جداً من المنتجات، خاصة فيما يتعلق بأحجامها وأنواعها واستخداماتها الزراعية؛ إذ تتجاوز غالبية المبيدات النانوية الموصوفة في الأدبيات حد الحجم البالغ 100 نانومتر الذي تم التوصية به لأغراض تنظيمية تتعلق بالجسيمات النانوية. يواجه الباحثون صعوبات جمة في تطبيق المعايير الخاصة بالجسيمات النانوية على المبيدات النانوية. وهكذا، وفق التعريف المعتمد حتى الآن فيما يخص الحجم فقط، تم استبعاد العديد من المبيدات النانوية، ومن ناحية أخرى، يشمل هذا التعريف المنتجات الموجودة في السوق لعقود مضت مثل المستحلبات الدقيقة، وعوامل أخرى مثل الطين والبوليميرات. وفي هذا السياق، قد يكون من المفيد الحديث عن التقنيات أو التركيبات التي تعمل بالنانو، بدلاً من التركيز فقط على تعريف الجسيمات النانوية.

الفوائد المتوقعة

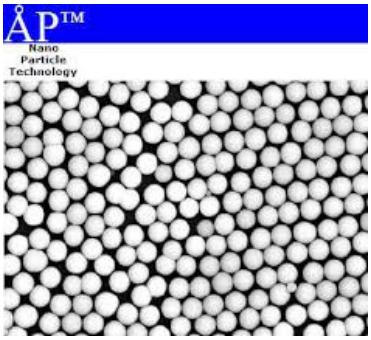
يمكن للنباتات أن تمتص مبيدات الآفات بسهولة أكبر إذا كانت على شكل جسيمات نانوية، وهو ما يقلل بشكل كبير من كميات المبيدات التقليدية المطبقة حالياً؛ ويعطي استخدام المبيدات النانوية الأمل في حدوث انخفاض كبير في تأثير المبيدات على النباتات وعلى البيئة، إضافة إلى تحسين جودة الغلال وكميتها.

يركز أحد خطوط البحث على موضوع الاستقرار الغروي لمنع حدوث فصل للأطوار أثناء تخزين منتجات وقاية النبات وتطبيقها. وتنتمي معظم التركيبات الحالية إلى نطاق النانومتر مثل المذيّلات the micelles الموجودة أيضاً في العديد من المنتجات الطبيعية، مثل الحليب. ويسمح البحث في التركيبات النانوية بفهم أفضل لهذه البنى، من أجل تسهيل تصنيعها وتحسين خصائصها.

يمكن أن تتكون أغلفة المركبات النانوية من مستحلبات مصنوعة من المذيلات الصغيرة المترافقة مع كمية أقل من المواد الخافضة للتوتر السطحي، أو من كبسولات صغيرة ذات شبكة نانوية محددة. وستسمح مثل هذه المنتجات بإدارة أفضل للمدخلات الزراعية وتقليل التأثير السلبي للنشاط الزراعي. ويوضح الشكل التالي جسيمات نانوية على هيئة مسحوق.

لا تتمتع الجسيمات النانوية، المصممة في قطاعات أخرى، مثل الأنابيب النانوية الكربونية، بإمكانات مميزة على نطاق واسع في مجال التطبيقات الزراعية. أما في قطاع الأغذية، فقد تحول الاهتمام من المواد النانوية غير العضوية إلى المواد النانوية العضوية، مثل الكبسولات النانوية والمركبات النانوية. ومع ذلك، فإن التقنيات النانوية التي تم تطويرها بالفعل لتطبيقات الغذاء أو الأدوية ليست تنافسية حتى الآن مع الكيماويات الزراعية التقليدية على المستوى الاقتصادي.

المخاطر المرتبطة بالمبيدات النانوية



تثير المبيدات النانوية أسئلة من حيث التأثير البيئي المحتمل، لأنها تمثل مصدراً مقصوداً لانتشار الجسيمات النانوية في البيئة، إضافة إلى تأثيرها على المستخدمين والمستهلكين، كما أنها قد تخضع لرفض مجتمعي وتنظيمي؛ إذ إن هناك احتمالاً لسيناريو مماثل لرفض الكائنات المعدلة وراثياً من قبل الرأي العام في أوروبا؛ لأن الوعي العام بتقنية النانو لا يزال منخفضاً عموماً حتى الآن. كما تتعلق بعض المخاوف من المبيدات النانوية باستخدام الجسيمات النانوية كمكونات وإضافات في تغليف المواد الغذائية. لذا، يتم التعبير عنها بالشكوك حول الآثار الصحية للمضافات الغذائية التي تحتوي على مواد نانوية اعتماداً على ثنائي أكسيد التيتانيوم TiO_2 المستخدم كملون، أو ثنائي أكسيد السليكون المستخدم كعامل مضاد للتكتل agrigation.

تقييم المخاطر

وفقاً لإجماع مقبول على نطاق واسع، لا توجد حالياً بيانات موثوقة وكافية للسماح بإجراء تقييم واضح لمخاطر المبيدات النانوية. وفي الواقع، إن بروتوكولات التقييم التي تم تطويرها سابقاً لأنواع أخرى من المواد الكيميائية ليست ذات صلة بقياس المخاطر المرتبطة بجسيمات المبيدات النانوية. إضافة إلى ذلك، يبدو أن المستوى الحالي للمعرفة حول الجسيمات النانوية غير كافٍ إلى حد كبير لإجراء تقييم موثوق للمخاطر المرتبطة باستخدام هذه المنتجات في ظروف الإنتاج الزراعي.

المواد النانوية والمبيدات الحيوية

تتعلق اللائحة رقم 20121/528 الصادرة عن البرلمان والمجلس الأوروبيين بتاريخ 22 أيار 2012، بإتاحة منتجات المبيدات البيولوجية واستخدامها وعرضها في السوق؛ إذ تنص المادة 69 في هذه اللائحة المتعلقة بالتصنيف والتغليف ووضع التعليمات على ضرورة إشارة الملصق إلى «أي مواد نانوية موجودة في المنتج المطروح للاستهلاك وأي مخاطر محددة مرتبطة به، بالإضافة إلى مصطلح نانو بين قوسين بعد كل ذكر للمواد النانوية.

كما تشير هذه اللائحة إلى ضرورة خضوع المبيدات الحيوية التي تحتوي على مواد نانوية لتفويض خاص بها. ومن ثمّ، فإن ثنائي أكسيد السليكون هو المادة الفعالة الوحيدة المعتمدة للاستخدام كمادة نانوية في منتجات الإبادة البيولوجية، ويخضع لتدبيرين مسبقين لحصوله على الموافقة:

- تطبيق اللائحة 2017/7942 للموافقة على ثنائي أكسيد السليكون كمادة نشطة تقليدية مخصصة للاستخدام في منتجات الإبادة البيولوجية من نوع المنتج 18 كمبيدات حشرية ومبيدات القراد ومنتجات تستخدم للسيطرة على مفصليات الأرجل الأخرى بوسائل أخرى غير طردها أو جذبها.

- تنفيذ اللائحة 2017/7953 للموافقة على ثنائي أكسيد السليكون الصناعي غير المتبلور وغير المبرد، الخاضع للمعالجة السطحية، كمادة نشطة موجودة ومخصصة للاستخدام في منتجات المبيدات الحيوية من نوع المنتج 18.

تحدد اللائحة التنفيذية 2017/795 الخصائص المرجعية الهيكلية التالية لثنائي أكسيد السليكون:

– محتوى الكربون: 3.0-4.0%.

– أحجام الجسيمات الأولية: 6.9-8.6 نانومتر.

– السطح المحدد: 217-225 م2/غ.

– حجم الجسيمات المستقرة المتجمعة: أكبر من 70 نانومتراً.

– المعالجة السطحية: أكثر من 90% من السطح المعالج بـ سداسي ميثيل سيلّوزان hexa-methyl cillozan.

التوقعات

لعل من المتطلبات الأساسية لتطوير مبيدات الآفات النانوية وطرحها في السوق هو توضيح لوائح تعريف المنتجات التي تستخدم تقنيات النانو، وتطوير بروتوكولات تقييم مخاطر هذه المنتجات على الصحة العامة والبيئة.

يمكن الترويج للمبيدات النانوية إذا كانت لها خصائص مفيدة، وذلك من خلال الحد من آثار منتجات وقاية النبات التقليدية والتخفيض الكبير في الكميات المستخدمة منها. ومن ناحية أخرى، قد تُعدُّ مصدراً إضافياً لتلوث الناس والبيئة، من خلال نشر الجسيمات النانوية.

اختبار المبيدات النانوية على نبات الكرمة

جرت منذ بداية عام 2016، ولمدة ثلاث سنوات، تجربة في إسبانيا في منطقة غاليسيا، تهدف إلى اختبار تطبيق الجسيمات النانوية النحاسية NPCu لمكافحة أمراض خشب الكرمة في إطار مشروع Winetwork. تم تمويل هذا المشروع بشكل مشترك مع الاتحاد الأوروبي في إطار برنامج Horizon 2020. ينص البروتوكول على حقن محلول مائي من الجسيمات النانوية النحاسية في سلالة معينة من العنب، بهدف العلاجات الورقية عن طريق رش خليط من الجسيمات النانوية النحاسية ومُظهِر elicitor معتمد على أحماض أمينية من دم الخنزير.

تتمتع هذه التقنية بفائدة بيئية بسبب الكمية الصغيرة المستخدمة من جسيمات النحاس النانوية. ومن ناحية أخرى، تعدُّ ألمكافحة بالجسيمات النانوية النحاسية ذات تكلفة عالية، تبلغ حوالي 45 يورو/دونم، إلّا أن النقطة الرئيسية في هذه التقنية هي القدرة المفترضة للجسيمات النانوية النحاسية على التحرك عبر أوعية النباتات لوقف أمراض الخشب.

المراجع

- Ahmadi VD, Alizadeh BH (2017). Nanopesticides: Synthesis and Application of Nanosphare Structures. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège 86 (special edition): 845-854.

- Gewin V (2015). Everything you need to know about nanopesticides. Modern Farmer.

- Kah M (2015). Nanopesticides and nanofertilizers: Emerging contaminants or opportunities for risk mitigation? Frontiers in Chemistry 3: 64.

-Kah M, Hofmann Th (2013). Nanopesticide research: Current trends and future priorities. Environment International 63(C): 224-235.

- Tressider V (2015). Nanopesticides: a promising new pesticide solution? ECOS.

تأليف: **د. عادل حرفوش**، دائرة الترجمة والتأليف والنشر، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

هل نحن مستعدون للمستقبل؟
تأثير الذكاء الصنعي على إدارة الأدب الرمادي*

ملخص

تعد إدارة المعلومات إحدى المجالات المتعددة التي تتأثر بالذكاء الصنعي (artificial intelligence AI)، بدءاً من الخيال العلمي إلى خوارزميات البحث في Google، والسيارات ذاتية التشغيل وبرامج المحادثة وروبوتات المصانع، وقد أصبح الذكاء الصنعي جزءاً من واقعنا اليومي. ولقد تمت كتابة العديد من الكتب والمقالات والمدونات للتوضيح والمناقشة في العديد من المجالات والصناعات عن استعمال الذكاء الصنعي. وتحدث علماء مثل ستيفن هوكينج Stephen Hawking وآخرون كثيرون ورجال الأعمال مثل جيف بيزوس Jeff Bezos وإيلون موسك Elon Musk وسياسيون ومدراء عن الذكاء الصنعي AI من وجهات نظر مختلفة وأهداف مختلفة لنجد أن تطورات تكنولوجيا المعلومات تأثيراً على طريقة عملنا وتعلمنا والتواصل والمضي في حياتنا. تبحث هذه الورقة في التأثير المحتمل لـ AI على إدارة الأدب الرمادي** (grey literature (GL وتستند إلى تحليل جوانب GL ذات الصلة مثل القيمة والحجم والتنوع والسرعة والمصداقية؛ لتعطي تأثير الذكاء الصنعي على المعالجة والاستدامة وسهولة الاستعمال لإدارة GL اهتماماً خاصاً، وليتم تقديم أمثلة على أنظمة الذكاء الصنعي المنفذة بالفعل في مجالات أو أنشطة مماثلة. وفي الختام، تقدم الورقة الحلول الممكنة للتحديات التي قد يواجهها مديرو GL في المستقبل القريب.

الكلمات المفتاحية: الأدب الرمادي (GL)، الذكاء الصنعي (AI)، تكنولوجيا المعلومات (IT)، إدارة المعلومات (IM).

مقدمة

لقد أصبح مصطلح الذكاء الصنعي artificial intelligence (AI) موجوداً في كل مكان خلال السنوات القليلة الماضية؛ إذ تتم مناقشته في الكتب والمقالات العلمية والصحف والتقارير الحكومية ومداولات البرلمانات وقرارات المحاكم والمحادثات العادية بدءاً من الخيال العلمي إلى خوارزميات البحث في Google والسيارات ذاتية التشغيل وبرامج المحادثة وروبوتات المصانع، ليصبح الذكاء الصنعي جزءاً

من واقعنا اليومي.

وتحدث علماء مثل ستيفن هوكينج Stephen Hawking وآخرون كثر رجال الأعمال مثل جيف بيزوس Jeff Bezos وإيلون موسك Elon Musk وسياسيون ومديرون على حد سواء عن الذكاء الصنعي من وجهات نظر مختلفة وأهداف مختلفة ليكون لتطورات تكنولوجيا المعلومات تأثير على طريقة عملنا وتعلمنا والتواصل والسعي في حياتنا. وتعد إدارة المعلومات IM واحدة من العديد من المجالات التي تتأثر بتكنولوجيا المعلومات المدمرة المختلفة مثل AI.

تبحث هذه الورقة في التأثير المحتمل للذكاء الصنعي على إدارة المعلومات IM وتحديداً على الأدب الرمادي GL بدءاً من تحليل جوانب GL ذات الصلة مثل الحجم والتنوع والسرعة والمصداقية والقيمة؛ ليستمر مع مراجعة تأثير AI المحتمل على معالجة GL والتحديات وقابلية الاستعمال كما يقدم أمثلة موازية لأنظمة الذكاء الصنعي التي يتم تنفيذها بالفعل في مجالات أو أنشطة مماثلة.

في الختام، ستقدم الورقة حلولاً محتملة للتحديات التي من المرجح أن يواجهها مديرو الأدب الرمادي أثناء محاولة استيعاب تقنيات الذكاء الصنعي الجديدة والاستفادة منها من خلال زيادة معرفتنا للذكاء الصنعي والتقنيات الأخرى التي يحتمل أن تكون مدمرة disruptive، لأجل ذلك سوف نعمل على تحسين فرصنا لزيادة أهميتها وفوائدها المحتملة في عملنا.

تعريفات

هناك مفهومان أساسيان تم بحثهما في هذه الورقة وهما بحاجة إلى التوضيح والشرح وهما الأدب الرمادي والذكاء الصنعي.

الأدب الرمادي

تم تعريف الأدب الرمادي بشكل مختلف من قبل عدد من الباحثين، تبريراً لنظرية Schöpfel (2011) بأن GL يسهل وصفه أكثر من تعريفه. وأكثر التعريفات قبولاً واستعمالاً على نطاق واسع هو تعريف المؤتمر الدولي الثاني عشر حول الأدب الرمادي GL12، الذي عقد في براغ في 2010.

"يمثل الأدب الرمادي أنواع الوثائق المتشعبة التي يتم إنتاجها على جميع المستويات الحكومية والأكاديمية وقطاع الأعمال business والصناعة في تنسيقات مطبوعة وإلكترونية محمية بحقوق الملكية الفكرية intellectual property (IP) وبجودة كافية ليتم جمعها وحفظها بواسطة مقتنيات المكتبات library holdings أو المستودعات المؤسسية institutional repositories، ولكن لا يسيطر عليها الناشرون التجاريون commercial publishers، أي عندما لا يكون النشر هو النشاط الأساسي للهيئة المنتجة". ومع أن هذا التعريف يركز على جوانب مهمة من GL، فقد يحتاج الأمر إلى توسيعه لمراعاة التحديات الجديدة الناجمة عن التقنيات التخريبية الجديدة مثل الذكاء الصنعي.

ففي عام 2017 اقترحت تعريفاً جديداً قد يساعد في مواجهة بعض هذه التحديات. وفقاً لهذا التعريف المنقح "يمثل GL أي بيانات أو موارد معلومات مسجلة أو قابلة للإحالة أو مستدامة ذات قيمة حالية أو مستقبلية، ويتم إتاحتها للجمهور دون عملية مراجعة الأقران أو النظراء التقليدية traditional peer-review process".

الذكاء الصنعي

يعرف الذكاء الصنعي وتطبيقات التعلم الآلي ML ذات الصلة[1] بأنها أنظمة يمكنها التفكير والتصرف بعقلانية، مثل البشر تقريباً. وعادة ما تكون مكلفة للغاية ومعقدة للتطوير والصيانة والانتشار. وتأتي قوتها من الربط بين العديد من التقنيات، مثل المعالجة الحاسوبية

الموازية والتعلم العميق والشبكات العصبية neural networks، ومعالجة اللغة الطبيعية (NLP). وظهرت في البداية كأنظمة تستند إلى قواعد أو أنظمة خبيرة، لكن خوارزميات اليوم يمكنها أن تفهم وتتعلم وتتنبأ وتتكيف وربما تعمل على نحو مستقل autonomously. وغالباً ما تكون مبنية على أجهزة فعلية (مثل: الروبوتات والسيارات والأجهزة الإلكترونية وأنظمة الأمان)، كما تستند إلى التطبيقات والخدمات (مثل المساعدين الواقعيين والمستشارين الأذكياء والتعرف على الصوت ورؤية الحاسوب والترجمة والتمويل). لتطبيقها في مجال إدارة المعلومات والمعرفة لتصبح مساعداً قوياً في معالجة البيانات والمعلومات وتنظيمها ونشرها، وليتم دمج الذكاء الصنعي في بعض تطبيقات الويب، ويعزز تجربة المستعمل من خلال تقديم واجهات استعمال ذكية جيدة قابلة للتكيف.

أحد أقدم التعريفات وأكثرها شيوعاً حتى الآن هو التعريف الذي قدمه Marvin Minsky[2] في عام 1968. وعرّف الذكاء الصنعي بأنه "العلم المختص الذي جعل الآلات تقوم بأشياء تتطلب ذكاءً فيما إذا قام بها الانسان". وهناك تعريف آخر يعتقد الباحثون في الذكاء الصنعي أنه سيكون صالحاً لسنين عديدة وهو أن "الذكاء الصنعي هو دراسة كيفية جعل الأجهزة الحاسوبية تفعل أشياء يقوم الناس حالياً بفعلها بشكل أفضل مما مضى".

لقد بدأ الذكاء الصنعي عملياً بتطبيقات اختبار بسيطة مثل اختبار تورينج الشهير Turing test، امتداداً إلى الألعاب مثل لعبة الداما checkers، وفيما بعد مع أنظمة متخصصة خبيرة تمثل المعرفة من خلال قواعد معتمدة. ومن الأمثلة الجيدة على ذلك ديب بلو Deep Blue وهو نظام طورته شركة IBM للعب الشطرنج الذي هزم بطل العالم غري كاسباروف Garry Kasparov في عام 1997. وقد أتى التعليم الآلي باعتباره جزءاً من الذكاء الصنعي تحت دائرة الضوء في الثمانينيات، وقد سمح للحواسيب بأن تتعلم كيف تتعرف على الأنماط وتقوم بالتوقعات. وقد كان ذلك ثورة في البرامج الحاسوبية التقليدية لتنفيذ تعليمات محددة لإنجاز المهمة؛ فأصبحت النظم ديناميكية وانتهت الحاجة إلى مبرمجين كي يقوموا بتغييرات محددة.

ولعل أحدث درجات الذكاء الصنعي هي التعلم العميق وهي تحتاج الى طاقة معالجة كبيرة ومجموعة كبيرة من «بيانات التدريب» يمكن عبرها استعمال شبكات عصبية مما يسمح «بالأداء الذكي». وأكثر أشكال التدريب شيوعاً هو: التدريب المشرف عليه والتدريب غير المشرف عليه وتدريب التعزيز. ومن الأمثلة الجيدة على تطبيقات التعلم العميق تلك التي تستعمل للتعرف على الوجه والكلام والروبوتات وبرامج المحادثة والسيارات التي تسير تلقائياً دون سائق وألعاب الكومبيوتر وغيرها. وبعد الأخذ بعين الاعتبار مستوى صعوبة الذكاء الصنعي تم إقرار ثلاثة أنواع للذكاء الصنعي وهي:

- الذكاء الصنعي الضيق وهو نظام تم تطويره ويدرب من أجل مهمة معينة ضمن نطاق محدود.
- الذكاء الصنعي العام وهو نظام يمكن أن يفهم بيئته ويحكمها أو يديرها كما يفعل الإنسان.
- الذكاء الصنعي الفائق وهو نظام أذكى من أذكى العقول البشرية في كل المجالات.

إن جميع الانظمة المستعملة حالياً أو التي يتم تطويرها هي في المستوى الابتدائي الضيق من الذكاء الصنعي وسوف يكون ثمة حاجة إلى برامج وحواسيب أكثر قوة من أجل تحقيق المستوى الثاني العام من الذكاء الصنعي، حيث يعتقد بعض الباحثين أنه حين يتم تحقيق المستوى الثاني لن يتطلب الأمر وقتاً طويلاً من أجل الوصول إلى المستوى الثالث الفائق.

التأثير العام للذكاء الصنعي

لقد أوجد الذكاء الصنعي ليبقى وليظل تأثيره بلا رجوع فيه حيث تم اختبار فوائده وحجم قوته المحتملة من قبل العديد من الناس. وقد تم تمثيل تاريخ تطوره بمجموعة من الإنجازات المهمة. ففي عام 1956 تم تقديم برنامج أرثر سمويل شيكر Arthur Samuels Checker المطور ليشغل وفقاً لنظام IBM's 701، وعندما تم إدخاله في عام 1962 تغلب على معلم الداما. وفي عام 1966 عمل برنامج ELIZA –وهو واحد من أولى برامج المحادثة الآلية– بإجراء محادثات مع أشخاص يتحدثون اللغة الطبيعية. وفي عام 1976 قام نظام خبير يسمى MYCIN بإجراء تشخيص ناجح للأمراض المعدية أثناء التعامل مع الشك واليقين. وفي عام 1986 قام نظام الشبكة العصبية الاصطناعية

NETtalk[3] بقراءة النصوص الإنجليزية المكتوبة بصوت عالٍ. وفي عام 1977 هزم الكمبيوتر العملاق IBM's ديب بلو بطل العالم في الشطرنج غري كاسباروف Gary Kasparov. وفي عام 2009 تم طرح أول سيارة ذاتية الدفع من Google إلى طريق كاليفورنيا السريع. وفي عام 2011 تغلب نظام Watson من IBM على خبيرين بشريين في البرنامج الاستعراضي jeopardy التلفزيوني. وبعد أربعة أعوام فقط، عرضت شركة دايملر بنز Daimler-Benz أولى شاحناتها الكبيرة المستقلة على الطريق السريع في ألمانيا، في حين أن سيارات Google ذاتية القيادة قد قطعت أكثر من مليون ميل. وفي عام 2016، فاز برنامج الكمبيوتر DeepMind AlphaGo من Google كأفضل لاعب للعبة Go في العالم.

هذه فقط أمثلة عن بعض نجاحات باحثي الذكاء الصنعي المتعددة، حيث قام العديد من البلدان والجامعات ومراكز البحوث بوضع أولوياتها الحالية في مجال بحث الذكاء الصنعي لذلك فإنه من المنطقي توقع تطورات مستقبلية أساسية ومبهرة في مجال البحث الممتع هذا. وحتى اليوم ومع أن AI في المستويات الأولى من التعقيد إلا أنه يشير عدد من تطبيقات الذكاء الصنعي التشغيلية في البيئات المكتبية الكلاسيكية بقوة إلى توجهات تأثيراتها المستقبلية. حيث تعنى الشركات الكبرى مثل Microsoft وGoogle وFacebook وInstagram و Twitter وDisney بشكل كبير بتطبيقات الذكاء الصنعي. وفيما يلي بعض الأمثلة على أقل التطبيقات شهرة التي تظهر التنوع والعمق وقوة التغيير في المستقبل[4].

- SAP CoPilot: مساعد رقمي للمؤسسة وذلك باستعمال أرقام الهواتف حيث يمكن للمستعملين أن يقوموا بطرح أسئلة متعلقة بالعمل ويقوم النظام بتقديم الإجابات لهم.

- Deloitte: معالج تلقائي للوثائق مع معالجة اللغة الطبيعية حيث يقرأ بسرعة الآلاف من الوثائق المعقدة ويستخرج ويهيكل المعلومات النصية من أجل تحليل أفضل.

- AISense: ينسخ مكالمة أو مؤتمر؛ حيث يقوم بتسجيل محادثات صوتية يمكن الوصول إليها والولوج عبرها باستعمال التعرف التلقائي على الكلام أو تمييز المتكلم، وتزامن النص مع الكلام ومعالجة اللغة الطبيعية.

- WalkMe: يعمل على التدريب القائم على البرمجيات؛ إذ يمكّن برمجية العمل من معرفة أدوار المستخدم الفردية وعاداته وأفعاله.

- Service Channel: تساعد في إدارة المنشآت والمطاعم حيث يمكن له أتمتة عملية الإصلاح والصيانة مع حساب التكاليف لها وقطعها، ويحافظ على الاستجابة ويخفف من المخاطر؛ ليقوم بإدارة المتعاقدين بأوامر العمل والصيانة الوقائية للموجودات والمقترحات والفواتير.

- Niles: يعلّم المحادثات الجامدة؛ حيث يستمع ويسجّل المحادثات التي تتم ضمن منصة التعاون الجامد، وفي كل وقت يرسل أحدهم رسالة نجده يعلم بذلك، وهكذا يستطيع المستعملون طرح أسئلة مثل ما هي المنتجات التي نبيعها؟ ماهي القياسات؟ كم سيكون ثمنها؟ من هو المسؤول عن هذا القسم؟ في حال فشل في إعطاء إجابة يمكن للمستعمل أن يقوم بتحديث النظام وذلك بإعطاء الجواب الصحيح.

- Acculation, Inc.: يستعمل العمليات التي تعتمد على البيانات لاتخاذ قرارات بشأن المحتوى لوسائل التواصل الاجتماعي، يلتقي فيه الذكاء الصنعي بوسائط التواصل الاجتماعي.

- BBC Talking with Machines: دراما صوتية تسمح للمستمعين بالانضمام إليها ولها اتجاهين محادثة عبر مكبرات الصوت الذكية؛ حيث يُطلب منهم الإجابة عن الأسئلة وإدخال مداخلاتهم الخاصة في الموضوع المطروح للمناقشة.

- UK Press Association RADAR: (مراسلون وبيانات وروبوتات) حيث تكتب الروبوتات ثلاثين ألف خبر محلي ليتم تغذية النشرات كل شهر بمجموعة متنوعة من البيانات الحكومية والخدمات العامة والسلطات المحلية. إذ تقوم الآلة باستعمال تقنية توليد اللغة الطبيعية لكتابة النشرات الإخبارية المحلية التي لا يغطيها البشر.

- **American Express:** يعتمد بقوة على تحليل البيانات وخوارزميات التعلم الآلي للمساعدة في اكتشاف الغش والاحتيال في وقت قصير وحقيقي، ومن ثم توفير الملايين من الخسائر.

تأثير الذكاء الصنعي في إنشاء الأدب الرمادي

توجد ثمة طرق متعددة للنظر إلى تأثير الذكاء الصنعي في إنشاء الأدب الرمادي حيث تتخذ هذه المقالة اتجاهاً تحليلياً بالنظر إلى حقائق الأدب الرمادي الأساسية وهي مأخوذة من دراسات أوسع في مجال إدارة البيانات والمعلومات، كما يظهر في الشكل 1 حيث تم أخذ خمسة أمور بعين الاعتبار وهي التنوع والحجم والصدق والسرعة والقيمة.

الشكل 1. الأساسيات الخمس للبيانات والمعلومات.

تنوع الأدب الرمادي

يمكن أن تخضع أنواع الأدب الرمادي لتأثير كبير من استعمال الذكاء الصنعي كما يشير الشكل 2 والذي يبين عدداً كبيراً من هذه الأنواع. كما يوجد قائمة أكثر شمولية على صفحة GreyNet الدولية[5] حيث فيها ما يزيد على 150 نوعاً من أنواع الوثائق التي تم تصنيفها على أنها أدب رمادي.

البيليوجرافيات	المخطوطات المرفوضة	منشورات من منظمات غير حكومية وشركات استشارة
ورقات المناقشة	المخطوطات غير المقدمة	الفيديوهات
الرسائل الإخبارية	ملخصات المؤتمر	مقالات ويكي
عروض تقديمية للبوربوينت	فصول الكتاب	البريد الإلكتروني
تقارير تقييم البرنامج	المراسلات الشخصية	المدونات والتواصل الاجتماعي
الملاحظات التقنية	الرسائل الإخبارية	مجموعة البيانات
منشورات لوكالات حكومية	الاتصالات غير الرسمية	تقارير اللجان
تقارير لوكالات تمويلية	بيانات التعداد	أوراق العمل
تقارير غير منشورة	قبل الطباعة	تقارير الشركة
الأطروحات	المواصفات	الكتالوجات
الوثائق السياسية	براءات الاختراع	الخطابات
	ندوات عبر الإنترنت	تقارير عن مواقع الويب

الشكل 2. أنواع الادب الرمادي.

وإذا درسنا نوعاً واحدًا فقط من الأدب الرمادي، وهو «مجموعة البيانات» (المذكورة آنفاً)، فإن هذا النوع وحده يحتوي عادةً على كمية هائلة من البيانات والمعلومات الواردة من الشبكة الدولية للأشياء Internet of Things (IoT)، ومن التواصل بين آلة وآلة (M2M) machine to machine communication، والسيارات ذاتية القيادة والروبوتات وأجهزة الاستشعار وأنظمة الأمن وكاميرات المراقبة والعديد من الأنظمة الأخرى التي تستعمل الذكاء الصنعي، إذ تتراوح تقديرات عدد الأجهزة المتصلة التي تنشئ بيانات بالمليارات[6]. إن مثل هذا

العدد الهائل من هذه الأجهزة المولدة أطناناً من البيانات بتنسيقات متعددة معظمها غير منظم ومحدد التطبيق فسوف يمثل هذا تحدياً كبيراً لباحثي الأدب الرمادي والممارسين والمديرين؛ ليكون من الصعب جمع ومعالجة مثل هذه البيانات والمعلومات التي تعتمد على السياق المحتذى وعلى البرامج بشكل كبير، بل من الصعب فهمها والحفاظ عليها للاستعمال المستقبلي.

ترتبط مسألة مجموعات البيانات المتعددة ارتباطاً وثيقاً بمجموعات البيانات الفردية التي غالباً ما يشار إليها باسم البيانات المرتبطة، حيث تمثل هذه البيانات المكون الرئيسي للشبكة الدلالية والمفهومة ليس من قبل البشر فحسب بل للأجهزة الحاسوبية أيضاً. وكمثال جيد على مجموعة البيانات الكبيرة المرتبطة يمكن أن نطرح DBpedia التي في الواقع تجعل محتوى الويكيبيديا متاحاً في إطار وصف الموارد (RDF)، ليتضمن روابط إلى مجموعات البيانات الأخرى على الويب، مثل GeoNames ومن خلال توفير هذه الروابط الإضافية، يوفر التطبيق وصولاً أفضل بكثير إلى المعرفة ويحقق تجربة أكثر إرضاءً للمستخدم. ومع ذلك فإن تحديد وإيجاد دور لإدارة تقليدية GL يصبح تحدياً.

حجم الأدب الرمادي

وهو المجال الثاني بعد تنوع GL الذي يشهد بالفعل تغييراً واضحاً ليصبح متأثراً كذلك باستعمال الذكاء الصنعي. ووفقًا للإحصاءات المتوافرة يتم إنتاج 2.5 exabytes من البيانات كل يوم، وهو ما يعادل 250.000 من حجم مكتبة الكونغرس. وبالمقارنة، فإن الدماغ البشري لديه سعة تخزين تقدر بـ 1000 terabytes أو petabyte واحد. لقد تم توليد 90% من جميع البيانات في العالم خلال العامين الماضيين. لنجد أن هناك 130 مليون كتاب منشور حول العالم مع إضافة أكثر من 800 ألف كتاب جديد سنوياً وفي الوقت نفسه يتجه العالم الرقمي نحو ازدياد استعمال الهواتف الذكية لخلق المزيد من البيانات، وحالياً ما يزيد على نصف سكان العالم يستعملون الهواتف الذكية. ووفقاً لتوقع شركة Cisco's عام 2017 سيكون عدد الأجهزة المتصلة بشبكات IP أعلى بثلاث مرات من عدد سكان العالم في عام 2021. لنجد في الوقت الحالي أنه قد وصل عدد المستخدمين حول العالم لتطبيقات المراسلة الأربعة الأكثر شيوعاً[7] إلى 4 مليارات. وإذا ذكرنا فقط الأطروحات كواحد من أهم أنواع GL، فإن محرك البحث Google يضيف ما يقرب من 4.3 مليون أطروحة من جميع أنحاء العالم، بينما تضيف ProQuest سنوياً أكثر من 130.000 أطروحة جديدة سنوياً إلى قاعدة بياناته العالمية الضخمة PQDT[8]. يقدم الشكل 3 لمحة إحصائية مثيرة للاهتمام لبعض المعاملات المتغيرة فيما يتعلق بحجم حركة الإنترنت.

الكمية بالدقيقة	بعض المعاملات المتغيرة
18.055.555	طلبات حالة الطقس التي تتلقاها قناة الطقس
12.986111	الرسائل النصية المرسلة
4.333.560	الفيديوهات التي تمت مشاهدتها عبر اليوتيوب
3.788.140	الأبحاث الجارية عبر محرك البحث غوغل
3.138.420	كمية الغيغا بايت التي يستهلكها الأمريكيون لدى استعمال الإنترنت
2.083.333	الصور التي يتم مشاركتها من قبل مستخدمي سناب شات
1.388.889	صيغة تبادل الرسوم البيانية GIPH عبر محرك البحث GIFs
750.000	الأغاني التي تبث عبر Spotify
473.400	التغريدات المرسلة من قبل مستعملي تويتر
176.220	المكالمات المجراة من قبل مستعملي سكايب
222.79	عدد ساعات الفيديوهات التي تبث عبر Netflix
79.740	المنشورات المعلنة من قبل مستعملي Tumblr
68.493	الدولارات التي يتم التعامل بها عبر Venmo P2P
49.380	الصور التي تنشر من قبل مستعملي الانستغرام
6.940	الزواج أو الوفاق الذي يحدث عبر Tinder

الشكل 3. استعمال الميديا في دقيقة إنترنت في حزيران 2018 (statista.com).

ومن ناحية إدارة GL، والأكثر إثارة للقلق من الإحصاءات المذكورة آنفاً هو حقيقة أن 56% من مجموع حركة المعلومات في الإنترنت تأتي من مصادر مؤتمتة مثل أدوات القرصنة ومرسلي المسودات وكذلك البريد العشوائي. ويتم إرسال واستقبال ما يقارب 269 مليار رسالة بريد إلكتروني يومياً منها 60% رسائل غير مرغوب فيها. ولا يزال العالم متعطشاً للمعلومات التي يدعمها بشكل جيد بالأسلوب الذي أطلقته Google والذي يعالج يومياً أكثر من 6.6 مليار استفسار، من بينها 15% لم يتم البحث عنها مطلقاً على Google من قبل[9].

فإذا ما جمعنا بين أشكال GL المتنوعة مع الحجم كما تم وصفه سابقاً وملاحظة الانبثاق المتزايد للذكاء الصنعي، فإن التحدي الذي يجابه محترفي الأدب الرمادي والذي سيستمرون في مواجهته مستقبلاً هو تحد ضخم. فبالنظر إلى أمور التخزين والاستدامة والمعالجة وقابلية الاستعمال والعديد من النقاط الأخرى الكثيرة نجد أنه مع القدرة التشغيلية الحالية والمصلحة العامة والموارد المتاحة مازال الخوف راسخاً وقوياً من أن معظم GL سيختفي أو يصبح غير قابل للاستعمال مع مرور الوقت. كما وأن الحجم المتزايد GL سوف يطرح أيضاً طرق احصائية ضمن تأثيره ومدى شيوعه بين العلماء والباحثين؛ وهي إحدى الطرق الشائعة التي كانت تعمل على إحصاء عدد المقالات التي تستشهد بمقالات أخرى والتي تنتج عوامل تأثير المجلة journal impact factors ومعدلات الاستشهاد citation rates حسب المؤشر-h. حتى تلك الدراسات النادرة بما في ذلك أوراق المؤتمرات والتي تقتصر وتُحصر على إجراءات الطباعة والنشر. ولا يزال الأدب الرمادي خارج النطاق. فلا بد لأن يكون هناك حاجة إلى جهد كبير وموارد إضافية لإثبات قيمة GL ومدى تأثيره.

مصداقية الأدب الرمادي

يتم النظر لمجموعة الأدب الرمادي في صحتها ومصداقيتها لتعرف بأنها "المطابقة للحقائق مع الدقة فضلاً عن الثقة الاعتيادية"[10]. وعلى وجه الخصوص فإنه يتم التعامل مع دقة GL بالأصالة ومصدر المعلومات وأمنها حيث إن البريد الإلكتروني العشوائي والأخبار المزيفة والبرامج الحاسوبية وبرامج الروبوت وعناكب الويب وبرامج الفيروسات والمعلومات الخاطئة المضللة، تمثل جميعها مخاطر متعددة يواجهها مستخدمو الويب بما في ذلك مستخدمو GL اليوم. فمن الصعب الكشف عن الخداع وتقدير صحة المعلومات والبيانات، وبالتحديد عندما تكون المعلومات الأولية عن المحتوى والنص أو المصدر ضعيفة أو غير متوافرة. إن الفرضية الأساسية حول تأكيد صحة بعض المعلومات هو مصدرها الأصلي. فإذا كان مصدراً معروفاً جيداً ويرتبط بتاريخ طويل من الموثوقية، فعادةً ما يتم اعتبار هذه المعلومات موثوقة، على الرغم من وجود العديد من حالات المعلومات الخاطئة التي تم إنشاؤها عن غير قصد والتي يتم وضعها على الويب أو تضمنتها بعض الوثائق. حيث تقودنا مثل هذه الحالات إلى استنتاج أننا كمستخدمين نحتاج دائماً إلى البحث عن أخطاء محتملة أو معلومات خاطئة. لذا يجب بالمجمل أن تؤخذ بالحسبان نقاط التدقيق المتعددة مثل المصدر والتأكيد المستقل للمعلومات واتخاذ أفضل الممارسات المستعملة في إعداد المعلومات وحتى النية عند إثبات موثوقية هذه المعلومات. وبناء على ذلك سيزيد استعمال الذكاء الصنعي في أي مجال من المشاكل لتحديد صحة المعلومات الفعلية، وبالتالي يمكننا النظر إلى وجهين للمعلومات التي تم إنشاؤها أثناء الاعتماد على الذكاء الصنعي:

الأول هو مسألة الإجراءات الموثقة والخطوات المتبعة وطرائق الاستدلال ومبررات القرار. وفي كثير من الأحيان، تصبح العملية برمتها صندوق أسود black box حيث كل ما لدينا هو المدخلات والمخرجات دون أي أثر للتفكر، كنماذج تكون التعلم الآلي machine-learning models التي لها بالفعل تأثير على حياة الناس.

الثاني يوفر نظام يدعى COMPAS التنبؤ باحتمال وجود تكرار من مسيء ما، ويستعمل من قبل بعض القضاة لتحديد ما إذا كان سجين ما سيحصل على الإفراج المشروط. حيث يمكن أن يشك البعض في التحيز ضد الأقليات. لنجد أن أجهزة الذكاء الصنعي لا تقدم أي مبررات موثقة ويمكن أن تظهر تحيزاً قوياً محتملاً، خاصة عندما يكون هناك احتمال أن تكون بيانات التدريب المستعملة متحيزة.

سرعة الأدب الرمادي

تشير سرعة GL إلى سرعة إنشاء المعلومات ومعالجتها وتحليلها وتوزيعها واستعمالها؛ حيث يوضح الشكل 3 كمية البيانات والمعلومات التي تم إنشاؤها بيد أنه بالإضافة إلى الكمية فنحن نحتاج أيضاً إلى النظر في السرعة التي يتم بها إنشاء هذا الكم الهائل

من البيانات. ويقدّر أنه قد تم إنشاء كمٍّ من البيانات في العامين الماضيين بحجم أكبر مما تم انشاؤه في تاريخ البشرية قاطبة، لينتج عن سرعة الإنشاء هذه عدد كبير من المعلومات المخزنة التي للأسف تكاد لا تتم معالجتها. كما توجد تحديات تقنية وفيزيائية ومالية وغيرها مما يحد من إمكانيات تحليل الكم الهائل من البيانات. حيث يظهر البحث أن 99.5% من جميع البيانات لا يتم تحليلها واستعمالها حالياً. وهذا يمثل خسارة مالية وتجارية ومعلوماتية كبيرة لجميع المعنيين بالأمر.

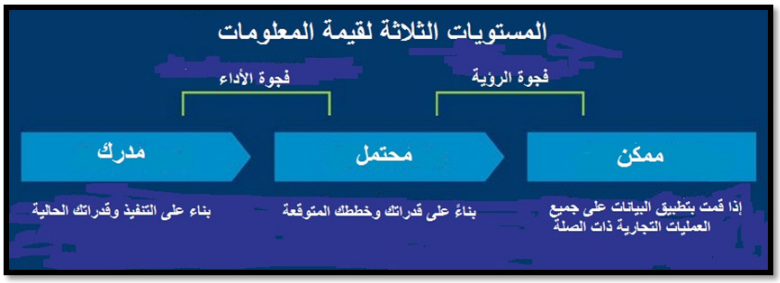
يتيح هذا الكم الهائل من المعلومات والبيانات للذكاء الصنعي والتعلم الآلي تحويل تحليل البيانات من الممارسة ذات الأثر الرجعي إلى منهجية استباقية لصناعة القرار الاستراتيجي. ويمكن للذكاء الصنعي أن يزيد بشكل كبير من تواتر ومرونة وفورية تحليل البيانات عبر مجموعة من الصناعات والتطبيقات، وتقدر شركة البيانات الدولية International Data Corporation (IDC) أن كم البيانات العالمية الخاضعة لتحليل البيانات ستنمو بمعدل يتراوح من 50 B إلى 5.2 ZB وستنمو كمية البيانات التي تم تحليلها والتي "تم لمسها" بواسطة أنظمة الذكاء الصنعي بمعدل من 100 B إلى 1.4 ZB في عام 2025. ومع نمو المعلومات من حيث الحجم والتنوع والمصداقية والسرعة ستحتاج متطلبات العمل التركيز على المعلومات التي لها القيمة الأكثر أهمية. ولأن ليس كل البيانات مهمة بالقدر نفسه بالنسبة للشركات أو المستهلكين فإن هذا يوفر فرصة لـ GL ومديري المعلومات الآخرين لتقديم الأدوات والخبرة والنتائج المرئية لتحديد تلك القيمة المحددة للمعلومات من مجمل البيانات المتاحة. ولتكون المؤسسات التي تنجح خلال هذا التحول هي تلك التي يمكنها تحديد الاستفادة بنجاح من المجموعة الفرعية الحرجة من البيانات التي سيكون لها تأثير إيجابي على تجربة المستخدم وحل المشكلات المعقدة وخلق وفورات اقتصادية جديدة.

قيمة الأدب الرمادي

إن قيمة المعلومات بشكل عام يندر أن تجد مكانها في الميزانية العمومية، فمع كون الجميع تقريباً يتفقون على أن المعلومات هي أصول موجودات تثمن بالملايين[11]، ولكن يكاد لا يستطيع أي شخص أن يعرف موقع هذه الأصول وحجمها وحتى من أين أتت، إذ من الصعب قياس ذلك على الرغم من أن كثيراً مما يدعون ملكية هذه الثروة يحاولون تجنب تحمل مسؤوليتها.

يطرح قاموس مصطلحات مكتب معلومات رئيس حكومة ولاية Queensland تعريفاً قيماً وقابلاً للتطبيق على نطاق واسع لـ "أصول المعلومات"؛ إذ يعرّفها بأنها "مجموعة محددة قابلة للتعريف من البيانات المخزنة بأي طريقة وتتميز بأنها ذات قيمة لغرض تمكين شركة من أداء وظائفها التجارية لتلبية متطلبات الشركة المعروفة تلك. ولا تعد البيانات أو المعلومات التي استخدمتها الشركة مرجعية لها، حيث إنها لا يقصد أن تكون مصدراً مرجعياً، حيث إن وظائف التجارة المتعددة، لا تعد أصول معلومات للشركة، إذ إنها تبقى هذه مجرد معلومات".

ويعترف العديد من المنظمات بالمعلومات كأحد الموجودات التجارية المهمة للعمل ويتوقع Gartner أنه بحلول عام 2020 سيكون لدى 10% من المؤسسات وحدة أعمال مربحة للغاية مخصصة لصنع واستثمار أصول المعلومات الخاصة بها. كما أنهم يزعمون أن أصول المعلومات لديها إمكانية كبيرة، بعيداً عن المنفعة التي تم إنتاجهم لها في الأساس. وعلى عكس معظم الأصول الأخرى للمشروعات فإن المعلومات لا تستنفذ بعد أن يتم استهلاكها ومن أجل الاستفادة من قيمتها، يقترحون الشكل 4 لمراجعة الفجوات في الأداء والرؤية الموجودة بين المستويات الثلاثة لقيمة المعلومات – المدركة والمحتملة والممكنة.



الشكل 4. المستويات الثلاثة لقيمة المعلومات.

إن فجوة الأداء هي الفرق بين القيمة المدركة لأصل المعلومات والقيمة المحتملة، بينما تمثل فجوة رؤية المعلومات الفرق بين قيمة المعلومات الممكنة والمحتملة.

أثر الذكاء الصنعي على إدارة الأدب الرمادي

إن في عصر الاستعمال المكثف للذكاء الصنعي والتعلم الآلي، سوف تتأثر مباشرة ثلاثة مجالات رئيسية لإدارة الأدب الرمادي. وهي المعالجة والاستدامة وسهولة الاستعمال لـ GL.

معالجة GL

تتأثر معالجة الأدب الرمادي وأدوات الادارة المتعلقة به بشكل مباشر بزيادة حجم الأدبيات الرمادية التي تم إنشاؤها وتنوعها وسرعتها ومصداقيتها وقيمتها. إن وثيقة واحدة مفردة ونهجاً مخصصاً للإدارة لن يكونا مناسبين ولا حتى كافيين. إذاً المطلوب هو الإدراج الشفاف للمعالجة من GL[12] خلال عملية إنشاء الوثيقة بدلاً من المعالجة اللاحقة. حيث هناك ثمة مطلب إضافي هو أن يكون لديك نظام إدارة GL متاح في كل وقت، مما يخفف الحاجة إلى أي حلول متخصصة أو انحرافات عن الخطة المعدة مسبقاً.

استدامة GL

والتحدي التالي يتعلق بتأثير الذكاء الصنعي على إدارة الأدب الرمادي، حيث يتضمن ثلاثة تحديات واسعة (بيئية وتقنية، اقتصادية ومالية، اجتماعية أو تنظيمية). إن الحفاظ على الوثائق ونقل المعرفة التقنية على مدى الفترات الطويلة واستمرارية المعلومات وإمكانية التشغيل التقني وإمكانية الاستعمال ليست سوى بعض الجوانب المهمة المتعلقة باستدامة هذه البيئة. وإذ تلقي الاستدامة الاقتصادية والمالية كل الانتباه على توافر التمويل المناسب الطويل الأجل وفقاً لمصلحة الجمهور مقابل المصالح التجارية، وقيمة GL المتراكمة مستقبلاً من حيث أنها تعنى بقيمة المعلومات. تؤكد الاعتبارات الاجتماعية والتنظيمية على وجود العديد من أصحاب المصلحة لملكية المعلومات والحوكمة governance والتعاون الدولي وكذلك السلامة والأمن.

سهولة استعمال GL

إن استعمال الكميات الكبيرة من المعلومات الناشئة عن الذكاء الصنعي يخلق نوعاً إضافيا من المشاكل، مثل وجود أدوات تناسب تكنولوجيا المعلومات، وتوفر الموارد البشرية المؤهلة، وحماية الملكية الفكرية (IP) والخصوصية. دعونا نلقي نظرة على بعض التحديات هنا. لنجد أن أدوات تكنولوجيا المعلومات تتغير باستمرار، مما يساهم في وظيفة البرمجيات الجديدة والمفاهيم والتوقعات بسرعة فائقة، وتجعل التكنولوجيا السابقة ملغية تماماً منذ وقت قصير جداً. ويرتبط بهذه المسألة إنشاء معلومات ومستندات ديناميكية مقابل الثابتة، وما يخصها من مرئيات برمجية على سبيل المثال 2D و3D وVR وAR. وترتبط نبوءات عديدة حول أثر الذكاء الصنعي بفقدان الوظائف[13]، الذي يؤول إلى وجود متطلبات للتوظيف، ولكن هناك أيضاً مشكلة المهارات التقنية والتعليم والتدريب المطلوبة[14]. وتتضمن الملكية الفكرية قضايا مثل الإفراط في الحماية؛ لأجل الوصول المفتوح والعلم المفتوح ودور الملكية الفكرية الحالية في مساعدة التنمية العالمية والصحة والإبداع وتتعلق هذه المسائل بالخصوصية، بما في ذلك حماية المعلومات التجارية، وحماية المعلومات العامة الحساسة والشخصية.

تتطرق المجالات الثلاثة المذكورة آنفاً للتأثير المتوقع للذكاء الصنعي على إدارة الأدب الرمادي بشكل رئيسي إلى التحديات. ومع ذلك، هناك أيضاً بعض الفرص الرائعة التي يمكن أن يوفرها استعمال الذكاء الصنعي في عملية إدارة GL. والفرصة الأولى وربما الأهم هي الأتمتة الموثوقة للمهام المتكررة بدقة كبيرة دون تعب[15]. ويمكن للذكاء الصنعي تحسين الخدمات الحالية عن طريق إضافة الذكاء والفهم الدلالي والتحليلات القوية لعمليات إدارة GL الحالية.

يمكن استعمال قدر كبير من البيانات التي تم إنشاؤها وإتاحتها بسهولة لتحسين خوارزميات التعلم، وزيادة دقة الذكاء الصنعي التي تمكن الأدب الرمادي من إنشاء معرفة جديدة واستخلاص قيمة جديدة من موارد GL الموجودة. ويمكن لهذا الجمع بين البيانات الضخمة والذكاء الصنعي أن يجلب نوعاً جديداً من الذكاء الصنعي يُشار إليه غالباً باسم "ذكاء البيانات"[16].

الخاتمة

لقد كان في العقود القليلة الماضية للتطورات في تكنولوجيا المعلومات تأثير هائل على الطريقة التي ندير بها المعلومات بشكل عام،

في مسيرتنا تلك قمنا بإنشاء ونشر واستعمال الأدب الرمادي. بحثت هذه الورقة في التأثير المحتمل للذكاء الصنعي على إدارة الأدب الرمادي GLM وتوسعت في مناقشة جوانبها الرئيسية، مثل القيمة والحجم والتنوع والسرعة والمصداقية. استنادًا إلى الحجم المتزايد للبيانات والمعلومات والمعرفة الناتجة بكثافة وازدياد استعمال الذكاء الصنعي، يمكننا أن نستنتج أن GL لن يختفي في المستقبل، وأن حجمه سوف يتعرض لتزايد يفوق التوقعات، وأن عدد أنواع GL وسرعته وقيمته سوف تزداد.

سيظهر تأثير الذكاء الصنعي على إدارة GL بشكل خاص في الطريقة التي يتم بها معالجة GL والحفاظ عليه مستداماً واستعماله على المدى الطويل. حيث يجب تضمين معالجة نوع GL في عملية إنشاء الوثائق (f)، بدلاً من المعالجة اللاحقة، ويجب أن يبقى نظام إدارة GL مستثمراً طوال الوقت، مما يلغي الحاجة إلى أي تدخلات استشارية لاحقاً. وكما يجب أن تؤخذ القيود البيئية والتقنية والاقتصادية والمالية وكذلك الاجتماعية والتنظيمية بعين الاعتبار إذا ما أريد توفير استدامة طويلة الأمد للأدب الرمادي. حيث تعتمد قابلية استعماله على وجود أدوات تكنولوجيا المعلومات المناسبة، وتوافر الموارد البشرية المؤهلة، وحماية الملكية الفكرية وكذلك حماية الخصوصية الشخصية. وبناء على ذلك سيؤثر الذكاء الصنعي على كل جانب من جوانب بيئة العمل لدينا من أجل تأمين المستقبل والحفاظ على قيمة GL؛ حيث يجب تنظيم التدريب المكثف والتعاون الواسع والإعداد الصارم لجميع المتعاملين في إدارة الأدب الرمادي الرئيسيين. لذلك تشير الدراسات إلى أن نسبة ضئيلة جدًا فقط من الشركات تستخرج الفائدة الكاملة من المعلومات التي تمتلكها[17]. وهذا قد يساعد استعمال الذكاء الصنعي في إدارة GL للمؤسسات على التركيز على الأمور الأكثر أهمية من حيث نتائج الأعمال ومكاسب الكفاءة وجودة المنتجات والخدمات.

الهوامش

*إخلاء المسؤولية: أي آراء يتم التعبير عنها هنا هي آراء المؤلف ولا تعكس بالضرورة آراء الناشر، وتم ترخيص هذه الورقة بموجب المجلس الإبداعي (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/): CC-BY-SA-4.0.

** الأدب الرمادي: هو المستندات التي يتم إنتاجها من الجهات الحكومية والأكاديمية والبحثية بأشكال مطبوعة وإلكترونية تحميها الملكية الفكرية التي تجمع من قبل المكتبة ولا تباع تجارياً.

(1)- الذكاء الصنعي هو المفهوم الأوسع للآلات التي تكون قادرة على تنفيذ المهام بطريقة نعتبرها "ذكية". تعلم الآلة هو تطبيق حالي لمنظمة العفو الدولية يستند إلى فكرة أنه ينبغي لنا حقًا أن نتمكن من منح الآلات حق الوصول إلى البيانات والسماح لها بالتعلم من تلقاء نفسها (Marr, 2016).

(2)- كان مارفن لي مينسكي (9 أغسطس 1927 – 24 يناير 2016) عالماً أمريكياً في مجال الذكاء الصنعي (AI)، أحد مؤسسي مختبر الذكاء الصنعي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، ومؤلف العديد من النصوص عن الذكاء الصنعي والفلسفة، وفاز بجائزة تورينج (Turing) لعام 1969.

(3)- https://www.nytimes.com/1988/08/16/science/learning-then-talking.html.

(4)- أمثلة مقتبسة من Dom Nicastro لثمانية أمثلة للذكاء الصنعي (AI) في مكان العمل، 7 ديسمبر 2017. CMSWire https://goo.gl/s6bWGH ومن Bernard Marr لسبعة وعشرين مثالاً يصدق للذكاء الصنعي والتعلم الآلي في الممارسة. 30 أبريل 2018 .Forbes https://goo.gl/YX52TK.

(5)- http://www.greynet.org/greysourceindex/documenttypes.html.

(6)- يقول Gartner إنه سيكون هناك حوالي 20 مليار جهاز متصل ببعضه بعضاً بحلول عام 2020. وتقول Allied للأعمال الذكية بأنه سيكون أكثر من 30 مليار، ويقول Nelson للأبحاث أن هناك 100 مليار، وIntel تقول 200 مليار، وشركة البيانات الدولية International Data Co. تقول 212 مليار.

(7)- WhatsApp, Facebook Messenger, We Chat, QQ Mobile. المصدر: https://goo.gl/UYArhS.

(8)- https://www.proquest.com/products-services/dissertations/ProQuest-Dissertations-FAQ.html.

(9)- 100+ إحصائيات وحقائق الإنترنت لعام 2018 متوفر عبر: https://goo.gl/iUcnxc.

(10)- قاموس أكسفورد متوفر عبر: https://goo.gl/AkG95E.

(11)- الأصل هو مورد ذو قيمة اقتصادية يمتلكها الفرد أو الشركة أو الدولة أو يتحكم فيها مع توقع أن يوفر ذلك فائدة مستقبلية ليتم

تسجيل الأصول في الميزانية العمومية للشركة ويتم شراؤها أو إنشاؤها لزيادة قيمة الشركة والاستفادة من عملياتها، Investopedia: https://www.investopedia.com/terms/a/asset.asp#ixzz5QKbl1CnA.

(12)- على سبيل المثال إنشاء البيانات الوصفية وجدولة الاحتفاظ وقنوات التوزيع وحقوق النشر والسرية وما إلى ذلك.

(13)- تشير دراسة لمدة عامين من معهد McKinsey العالمي إلى أنه بحلول عام 2030، يمكن لوكلاء وروبوتات أذكياء القضاء على ما يصل إلى 30% من العمالة البشرية في العالم (McKinsey, 2017). متوفر عبر: https://goo.gl/RHr53a.

(14)- وفقًا لأحد التقديرات الشائعة، فإن 65% من الأطفال الذين يلتحقون بالمدارس الابتدائية اليوم سينتهي بهم المطاف في نهاية المطاف بالعمل في أنواع وظيفية جديدة تماماً غير موجودة بعد (World Economic Forum, 2016). متوفر عبر: https://goo.gl/JKwsbn.

(15)- رؤية SAS: الذكاء الصنعي: ما هو وما سبب أهميته. متوفر عبر: https://goo.gl/zgpJHz.

(16)- بريد اليونسكو، 3-2018. متوفر عبر: https://goo.gl/jeRxkk.

(17)- إدارة واستراتيجية المعلومات – الدليل التنفيذي متوفر عبر: https://goo.gl/Tu5GNi.

المراجع

- BANSAL, Manju, 2014. Big Data: Creating the Power to Move Heaven and Earth. *MIT Technology Review* [online]. [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/Uv1Aw9.
- CISCO, 2017. *Cisco Visual Networking Index*: *Forecast and Methodology*, 2016–2021 [online]. Cisco [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/zn9SyV.
- DICKSON, Ben, 2017. What is Narrow, General and Super Artificial Intelligence? In: *TechTalks* [online]. 2017-05-12 [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/YN3JXa.
- ERTEL, Wolfgang, 2011. *Introduction to artificial intelligence*. Translated by Nathanael BLACK, illustrated by Florian MAST. London: Springer. Undergraduate topics in computer science. ISBN 978-0-85729-299-5.
- FARACE, Dominic John and Joachim SCHÖPFEL, 2010. *Grey literature in library and information studies*. New York: De Gruyter Saur. ISBN 978-3-598-11793-0.
- KNIGHT, Will, 2017. Forget Killer Robots-Bias Is the Real AI Danger. *MIT Technology Review* [online]. [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://www.technologyreview.com/s/608986/forget-killer-robotsbias-is-the-real-ai-danger/.
- LEVI, Heather Pemberton, 2016. Three Degrees of Information Value. In: *Gartner* [online]. 2016-07-07 [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/KYLScQ.
- MARR, Bernard, 2016. What Is The Difference Between Artificial Intelligence And Machine Learning? In: *Forbes* [online]. Forbes media, 2016-12-06 [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/iJfNtw.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017. Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages [online].
- McKinsey & Company [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/RHr53a.
- MINSKY, Marvin, 1969, p. 20. Quoted in: BLAY, Whitby. *Reflections on Artificial Intelligence*. Exeter: Intellect Books, 1996. 157 p.
- PETTEY, Christy, 2017. Treating Information as an Asset. In: Gartner [online]. Gartner, Inc., [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/kAdpyA.
- Information Asset, 2017. In: Queensland Government Chief Information Office Glossary [online]. QGCIO, 201730-11-

[Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/mPpySC.

- REINSEL, David, John GANTZ and John RYDNING, 2017. Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical Don't Focus on Big Data; Focus on the Data That's Big [online]. International Data Corporation (IDC) [Accessed 19 October 2018]. IDC White Paper. Available from: https://goo.gl/qdc3fP.
- RICH, Elaine, 2010. *Artificial Intelligence*. New Delhi: Tata McGraw Hill, 2010. ISBN 978-0070678163.
- SAVIĆ, Dobrica, 2017a. Impact of Disruptive Technologies on Grey Literature Management. *ITlib* [online]. Bratislava: Centrum.
- vedecko-technickych informacii, 2017(4), 42 - 45 [Accessed 19 October 2018]. ISSN 1336-0779. Available from: http://itlib.cvtisr.sk/buxus/docs/42_impact%20of%20disruptive.pdf.
- SAVIĆ, Dobrica, 2017b. Rethinking the Role of Grey Literature in the Fourth Industrial Revolution. In: 10th Conference on Grey
- Literature and Repositories: proceedings [online]. Prague: National Library of Technology, 2017 [Accessed 19 October 2018]. ISSN 2336-5021. Available from: http://nrgl.techlib.cz/index.php/Proceedings. Also published by TGJ (The Grey Journal) Special Winter Issue, Volume 14, 2018.
- SCHÖPFEL, Joachim and Hélène PROST, 2017. Altmetrics and Grey Literature: Perspectives and Challenges. Altmetrics and Grey Literature: Perspectives and Challenges. In: *18th International Conference on Grey Literature* [online]. New York [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://hal.univ-lille3.fr/hal-01405443/document.
- SCHÖPFEL, Joachim, 2011. Towards a Prague Definition of Grey Literature. In Twelfth International Conference on Grey Literature: Transparency in Grey Literature [online]. Prague, TextRelease [Accessed 19 October 2018]. pp.11-26. Available also from: https://goo.gl/Jr2Fg1.
- WORLD ECONOMIC FORUM, 2016. The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial
- Revolution [online]. World Economic Forum [Accessed 19 October 2018]. Available from: https://goo.gl/JKwsbn.

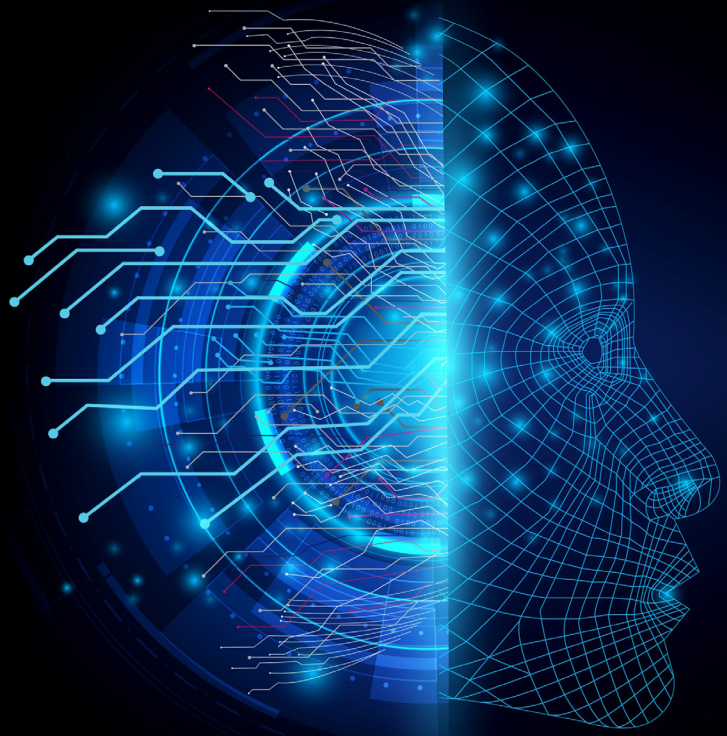
المقالة المترجمة بعنوان: **Are we ready for the future? Impact of Artificial Intelligence on Grey Literature Management**

منشورة في مجلة: An International Journal on Grey Literature, Vol. 15, Special Winter Issue (2019)

المؤلف: Dobrica Savic

الموقع: http://dobrica.savic.ca/pubs/Are_we_ready_for_the_future.pdf

‹ ترجمة: **ناظم سخيطة وغادة سمير**، قسم الخدمات العلمية، هيئة الطاقة الذرّية السورية.



مقارنة تقنيات التحليل العنصري المرتبطة بكشف الأشعة السينية ومميزاتها وتطبيقاتها

ملخص

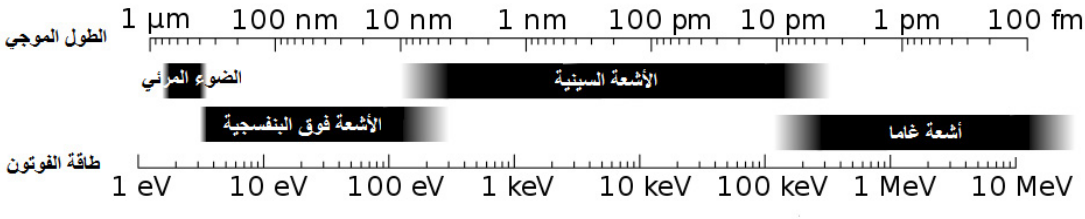
تعتبر تقنيات التحليل المرتبطة بكشف الأشعة السينية المميزة من الأدوات المتقدمة في مجال التحليل العنصري. تتضمن هذه التقنيات بشكل أساسي تحريض أشعة سينية مميزة للعناصر الموجودة في العينة نتيجة للإثارة الذرية الناتجة عن التأثير المتبادل بينها وبين حزمة أيونية (تقنية تحليل الأشعة السينية المتحرضة بالجسيمات المشحونة PIXE) أو إلكترونات مسرّعة (تقنية التحليل بالسبر الإلكتروني EPMA) أو أشعة سينية أولية (تقنية التفلور بالأشعة السينية XRF)، ومن ثم كشف هذه الأشعة السينة المميزة المتحرضة باستعمال المنظومات المطيافية المتقدمة. تمتلك هذه التقنيات مزايا فريدة تجعل منها أدوات تحليلية أساسية؛ فهي تقنيات متعددة العناصر (multielemental) ولاتخريبية وذات موثوقية، كما أنها لا تتطلب تحضيراً معقداً للعينات، ويمكن إجرائها بشكل مباشر. توصف هذه التقنيات بأنها متممة لبعضها البعض أكثر من كونها تنافسية. سوف نشرح هذه التقنيات التحليلية الثلاث بشيء من التفصيل في هذه المقالة.

الكلمات المفتاحية: التحليل العنصري، الأشعة السينية، PIXE ، XRF، EPMA.

مدخل إلى الأشعة السينية

اكتشف العالم رونتجن Wilhelm Conrad Röntgen الأشعة السينية عام 1895، ولا تزال الأشعة السينية تدعى أشعة رونتجن في بعض مناطق أوروبا تخليداً لاسمه، وحصل على أول جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1901 لاكتشافه هذا. لا بد من الإشارة إلى أنه قد سبقت أعمال رونتجن أبحاث مهمة أخرى لعلماء خالدين ساهمت في اكتشافه، وتحديداً تلك الأعمال التي أدّت لاكتشاف الإلكترون واستثمار

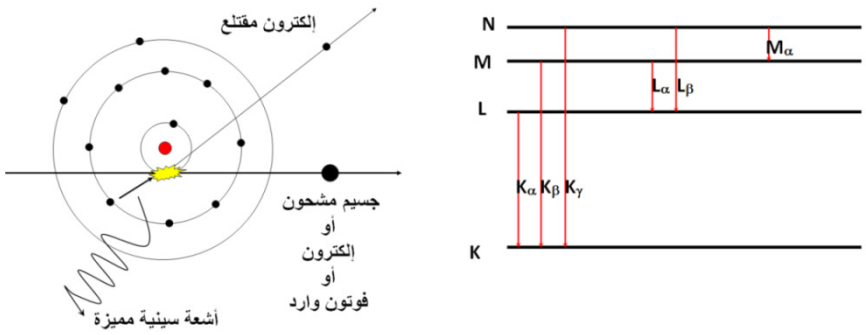
أنابيب الأشعة المهبطية. توالت الأعمال بعد ذلك بشكل هائل في دراسة الأشعة السينية وتوصيفها واستثمارها، وتكفي الإشارة إلى أنه قد نشر ما يقارب الألفي عمل في العام التالي مباشرة لاكتشافها. بيّنت الدراسات أن هذه الأشعة هي أشعة كهرطيسية ذات أطوال موجية قصيرة تتراوح ضمن المجال (10^{-8}-10^{-12} m) (الشكل 1)، وأنها ذات طاقة عالية قادرة على النفاذ في كثير من المواد وبدرجات متفاوتة. أدى استثمار الأشعة السينية في التصوير الإشعاعي للجسم البشري إلى ثورة طبية امتدت حتى عصرنا هذا، وأصبحت جزءاً أساسياً في أية منظومة طبية حديثة، وقد امتدّ استثمارها ليشمل التطبيقات الصناعية بشكل كبير، فأصبحت مثلاً جزءاً لا يتجزأ من منظومات كشف البضائع والأمتعة في المطارات. إضافة إلى كل ما ذكر، فقد اقتحمت تقنيات الأشعة السينية المختلفة علم المواد وأصبحت أداة أساسية لا غنى عنها في توصيف المواد ودراستها. برزت في هذا المجال تقنيات التحليل العنصري المرتبطة بكشف الأشعة السينية المميزة، وتحديداً تقنية التحليل بالسبر الإلكتروني EPMA وتقنية التفلور بالأشعة السينية XRF وتقنية تحليل الأشعة السينية المتحرضة بالجسيمات المشحونة PIXE. سوف نشرح هذه التقنيات التحليلية الثلاث بشيء من التفصيل في هذه المقالة.



الشكل 1. طيف الأشعة السينية ضمن الطيف الكهرطيسي.

آليات توليد الأشعة السينية المميزة وشروطها

يوضح الشكل 2 مخططاً للمبدأ العام لتوليد الأشعة السينية المميزة، حيث يعتمد على إثارة ذرات العناصر المكونة للعينة الهدف بصدمها بجسيم مشحون ذي طاقة حركية عالية أو إلكترون مسرع أو فوتون ذي طاقة مناسبة، مما يؤدي إلى حدوث تأثير متبادل بينها وبين أحد الإلكترونات الذرية، نازعاً إياه من الطبقة الإلكترونية التي كان يشغلها (عملية تأين)، مما يؤدي إلى حدوث فراغ إلكتروني في هذه الطبقة. وبما أن الذرات في الطبيعة تميل إلى الاستقرار يقوم أحد الإلكترونات من الطبقات الأعلى بملء هذا الفراغ، مصدراً طاقة على شكل فوتون في مجال الأشعة السينية تعادل الفرق في الطاقة بين السويتين، وتكون هذه الطاقة مميزة لكل ذرة. تجدر الإشارة إلى أن آلية توليد الأشعة السينية هي نفسها، ولكن الاختلاف ينبع من طريقة إحداث التأين الأولي. يعرض الجدول 1 التقنيات التحليلية المرتبطة بإصدار أشعة سينية تبعاً للإشعاع الأولي الوارد الذي يسبب عملية التأين. قد تستعمل الطاقة الناتجة عن الانتقال بين السويتين في اقتلاع إلكترون من مداره بدلاً من إصدار أشعة سينية مميزة، وتدعى هذه الظاهرة بمفعول أوجيه Auger ويدعى الإلكترون الصادر إلكترون أوجيه. ومن الجدير بالذكر أن مفعول أوجيه هو منافس لإصدار الأشعة السينية.



الشكل 2. مخطط يوضح المبدأ العام لتوليد الأشعة السينية المميزة (يسار الشكل)، مع خطوط الأشعة السينية الحاصلة لدى الانتقالات الإلكترونية (يمين الشكل).

الجدول 1. التقنيات التحليلية المرتبطة بإصدار أشعة سينية تبعاً للإشعاع الأولي الوارد الذي يسبب عملية التأين.

الإشعاع الأولي المسبب للتأين	مصدر الإشعاع الأولي	اسم التقنية التحليلية	رمز التقنية
إلكترونات مسرعة	مجهر إلكتروني	التحليل بالسبر الإلكتروني Electron Probe Micro Analysis	EPMA
فوتونات أشعة سينية أولية	أنبوبة أشعة سينية	التفلور بالأشعة السينية X-Ray Fluorescence	XRF
جسيمات مشحونة مسرعة	مسرع حزمة أيونية	الأشعة السينية المتحرضة بالجسيمات المشحونة Particle Induced X-ray Emission	PIXE

إن الشرط الأساسي لحدوث عملية التأين آنفة الذكر هو أن تكوّن طاقة الإشعاع الوارد من جسيم مشحون أو إلكترون أو فوتون تزيد عن طاقة ارتباط الإلكترون بمداره. هناك شرط آخر لا يقل أهمية عن الشرط الأول من أجل الوصول لعملية التأين بكفاءة عالية لدى استعمال جسيم مشحون لإحداث عملية التأين، وهو تطابق سرعته مع سرعة الإلكترون على مداره. يشرح ميكانيك الكم هذا الشرط، ويمكن تفسير ذلك بشكل كلاسيكي بأن تطابق السرعة يعني إطالة عمر التفاعل أكبر ما يمكن. يحكم مفهوم المقطع العرضي للتأين ionization cross section عمليات كفاءة إصدار الأشعة السينية، ويرمز له بالرمز σ ويقاس بواحدات المساحة barn. في حال إحداث التأين باستعمال أيونات مسرعة أو إلكترونات يزداد المقطع العرضي للتأين σ_{ion} كلما ابتعدنا عن النواة؛ وهذا يعني أن إصدار الأشعة السينية يكون أسهل من المدارات الخارجية، وهذا يعزز إصدار قمم الأشعة السينية L و M بشكل أكبر من K، كما يزداد المقطع العرضي للتأين σ_{ion} أيضاً بزيادة طاقة الجسيم المشحون الوارد، بينما يتناقص في حال زيادة العدد الذري.

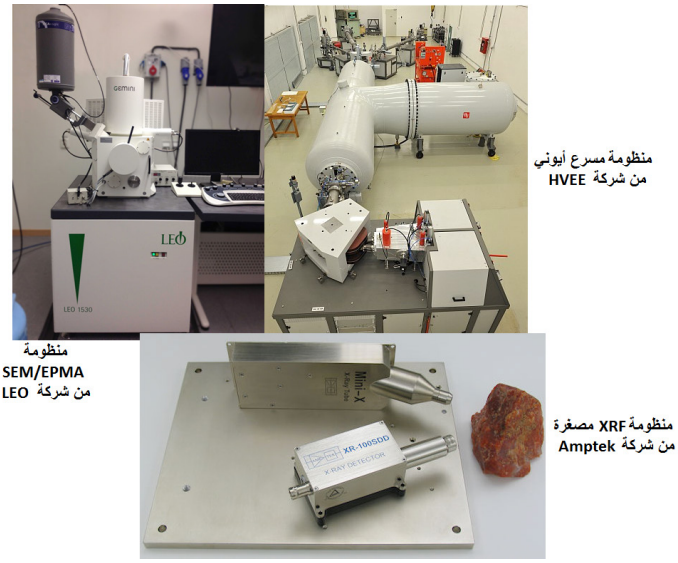
من جهة أخرى، تحكم عملية المفعول الكهرضوئي photoelectric effect إحداث التأين باستعمال فوتونات أشعة سينية أولية، حيث يزداد المقطع العرضي للمفعول الكهرضوئي σ_{PE} كلما اقتربنا من النواة؛ وهذا يعني أن إصدار الإلكترون الكهرضوئي يكون أسهل كلما كان ارتباطه أقوى بمداره مما يعزز إصدار قمم الأشعة السينية K، كما يتزايد مع زيادة العدد الذري بعكس الحال لدى استعمال جسيمات مشحونة، ولكنه يتناقص مع زيادة طاقة الفوتون الوارد، ويلخص ذلك العلاقة التقريبية التالية: $\sigma_{PE} = constant \times Z^5/E_{ph}^{7/2}$. تفسر قوانين ميكانيك الكم سلوكيات التأين المختلفة المذكورة آنفاً لدى استعمال جسيم مشحون أو فوتون كإشعاع لإحداث التأين الأولي، ومن ثم إصدار الأشعة السينية اللاحق أو إلكترون أوجيه المنافس.

منظومات التحليل العنصري بالأشعة السينية المميزة

سنناقش المنظومات الثلاث المتعلقة بتوليد حزمة الإشعاع الأولي من أيونات أو إلكترونات أو أشعة سينية أولية، وهي تستثمر في إحداث التأين في الذرة (الشكل 3)، وإصدار الأشعة السينية المميزة اللاحق.

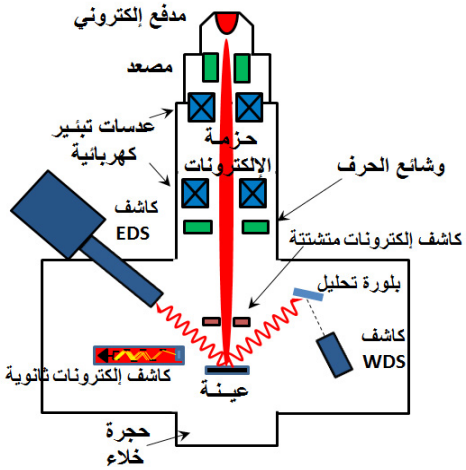
منظومة المجهر الإلكتروني الماسح

تتكون منظومة المجهر الإلكتروني الماسح SEM بأبسط أشكالها من مدفع إلكتروني يوفر حزمة من الإلكترونات التي تخضع لاحقاً لعملية تسريع وتبئير focucing. يصنع المدفع الإلكتروني عادة من وشيعة حرارية مصنوعة من التنغستين، شبيهة بتلك الموجودة في المصباح الكهربائي تمتلك نقطة انصهار عالية، وتعمل الوشيعة عند ارتفاع درجة حرارتها نتيجة لمرور تيار كهربائي فيها على إرسال حزمة من الإلكترونات. يعمل حقل كهربائي من رتبة kV على دفع الإلكترونات من منطقة المهبط، ويقوم بتسريعها باتجاه العينة. تقوم جملة من العدسات الكهربائية بتبئير حزمة الإلكترونات



الشكل 3. ثلاث منظومات للتحليل العنصري بالأشعة السينية المميزة.

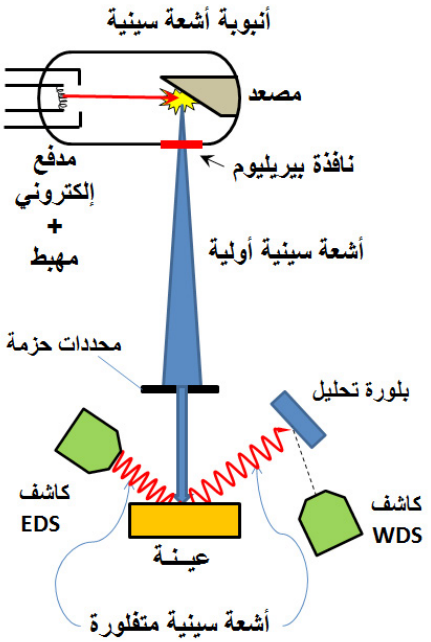
إلى رتبة أبعاد تصل لأقل من النانومتر، كما تقوم بتوجيه مسارها والتحكم به حتى تصل للعينة. تقوم جملة كهربائية عالية الكفاءة بحرف مسار الحزمة الإلكترونية بشكل مؤتمت لإجراء مسح للحزمة الإلكترونية على سطح العينة، وتجري المزامنة بين موقع الحزمة على العينة مع الإشارة الناتجة عن تفاعل الإلكترون مع الذرات في الموقع نفسه من العينة باستعمال برمجيات متطورة ومنظومات تجميع البيانات الحديثة data acquisition systems، لإنتاج صور بدقة عالية وبقدرة تكبير هائلة. يعرض الشكل 4 مخططاً لمكونات المجهر الإلكتروني الماسح المزود بمنظومة التحليل الميكروي بالسبر الإلكتروني EPMA. تجري أتمتة منظومة SEM/EPMA بالكامل لتمكين التحكم المباشر بالعينة عبر محركات خطوة دقيقة جداً، ويسمح هذا بالحصول على صور المجهر الإلكتروني بالغة الدقة بشكل متزامن مع الخرائط العنصرية elemental maps الناتجة عن تطبيق تقنية EPMA للسطح المدروس.



الشكل 4. مخطط لمنظومة المجهر الإلكتروني الماسح المزود بمنظومة التحليل الميكروي بالسبر الإلكتروني EPMA.

منظومة التفلور بالأشعة السينية

يعرض الشكل 5 مخططاً لمنظومة تقليدية لتقنية التفلور بالأشعة السينية. تتكون المنظومة بشكل أساسي من مولد أشعة سينية أولية صادرة عن أنبوبة مفرغة يحتوي أبسط أشكالها على عنصرين كهربائيين هما المصعد والمهبط في جو مفرغ من الهواء. تتولد الإلكترونات بمفعول الإصدار الإلكتروني الحراري نتيجة تسخين وشيعة موصولة بالمهبط، وتخضع الإلكترونات لدى إصدارها إلى حقل كهربائي نتيجة تطبيق فرق كمون من رتبة kV بين المصعد والمهبط، مما يسبب تسارعها باتجاه المصعد وصدمه بقوة محررة الأشعة السينية الأولية. ينتج عن عملية الصدم هذه تحرير كمية كبيرة من الحرارة، وتقوم دارات تبريد بمهمة تبريد أنبوبة الأشعة السينية. يصنع المصعد عادة من مادة ذات عدد ذري مرتفع لضمان إصدار أشعة سينية أولية ذات طاقة عالية تضمن الإثارة اللاحقة بالتفلور بالأشعة السينية ضمن العينة المدروسة، ويستعمل الذهب والتنغستين والروديوم عادة في صناعة مادة المصعد. تخرج الأشعة السينية الأولية عبر نافذة ضمن الأنبوبة المفرغة، وهي مصنوعة عادة من عنصر البيريليوم الذي يضمن توهيناً attenuation مهملاً للأشعة السينية، ويمتلك متانة ميكانيكية مقبولة تمكنه من مقاومة فرق الضغط الجوي بين داخل الأنبوبة وخارجها. قد تخضع الأشعة السينية الخارجة من البلورة للترشيح للتخلص من الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة باستعمال فلاتر تصنع عادة من الألمنيوم. تمر الحزمة بعد ذلك عبر محددات حزمة من أجل التحكم بحجم الحزمة قبل وصولها إلى العينة.

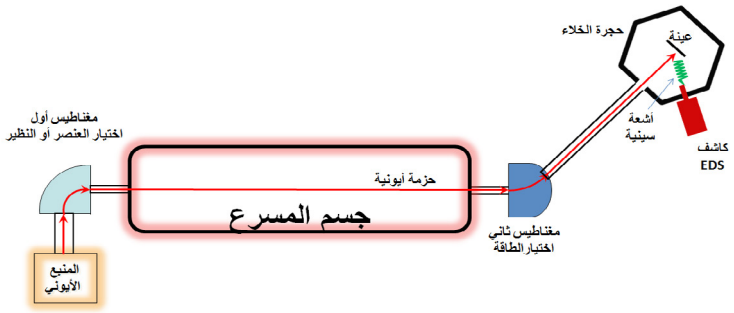


الشكل 5. مخطط لمنظومة التفلور بالأشعة السينية.

منظومة المسرع الأيوني

يعرف المسرع الأيوني أنه جهاز يقوم بزيادة الطاقة الحركية للجسيمات المشحونة كهربائياً. قد تكون هذه الجسيمات نوى العناصر الخفيفة مثل البروتونات وجسيمات ألفا أو حتى نوى العناصر الثقلية. تشترك معظم المسرعات الأيونية في مبدأ عملها انطلاقاً من منبع أيوني يقوم بتوليد الأيونات المراد تسريعها، وتخضع الأيونات الناتجة لجملة من الحقول المغناطيسية المتلاحقة التي تعمل على توجيه حركتها ضمن أنابيب التسريع. تستعمل في الوقت نفسه حقول كهربائية ذات شدات عالية موازية لاتجاه حركة الأيونات، حيث تعمل على

منحها طاقة حركية كبيرة تقوم بتسريعها إلى الطاقة المطلوبة. لابد من الإشارة إلى أن توليد الحزم الأيونية وتسريعها يجريان ضمن ضغوط جوية منخفضة جداً من أجل إلغاء مفعول خسارة الطاقة الذي تتعرض له فيما إذا جرت في الضغط الجوي العادي. تختلف طرق تسريع الأيونات تبعاً للغاية التي يراد منها التسريع، وهذا يؤدي إلى تغيير طاقة وشدة الأيونات المسرعة الناتجة في كل حالة. يبدأ توليد الحزمة الأيونية في المنبع الأيوني، حيث تختلف المنابع الأيونية في طريقة توليدها للأيونات المطلوب تسريعها. ولدى اكتمال عملية توليد الأيونات، تخضع لجملة من الحقول الكهربائية والمغنطيسية التي تعمل على تبئيرها واستخلاصها extraction من المنبع ومنحها طاقة حركية ابتدائية وتوجيهها باتجاه المرحلة التالية. تمرر الأيونات الناتجة من المنبع ضمن حقل كهربائي حارف باستعمال مغنطيس كهربائي مُتَحَكَّم بشدته بشكل دقيق، حيث يقوم بفصل الأيون أو النظير المطلوب تسريعه، ويقوم بتوجيهه إلى جسم المسرع. تخضع الأيونات التي تدخل جسم المسرع إلى عملية تسريع باستعمال حقل كهربائي ذي جهد عالٍ من رتبة ميغا فولت MV. يقوم مغناطيس آخر موجود قبل خطوط الحزمة باصطفاء الأيون الذي جرى اختياره حسب شحنته، وبالتالي تحديد طاقة الأيون المطلوبة وتوجيه هذا الأيون ضمن خط الحزمة باتجاه حجرة الخلاء، حيث توجد العينات. يعرض الشكل 6 رسماً تخطيطياً لمبدأ عمل المسرع الأيوني.



الشكل 6. مخطط لمنظومة المسرع الأيوني.

مطيافية الأشعة السينية

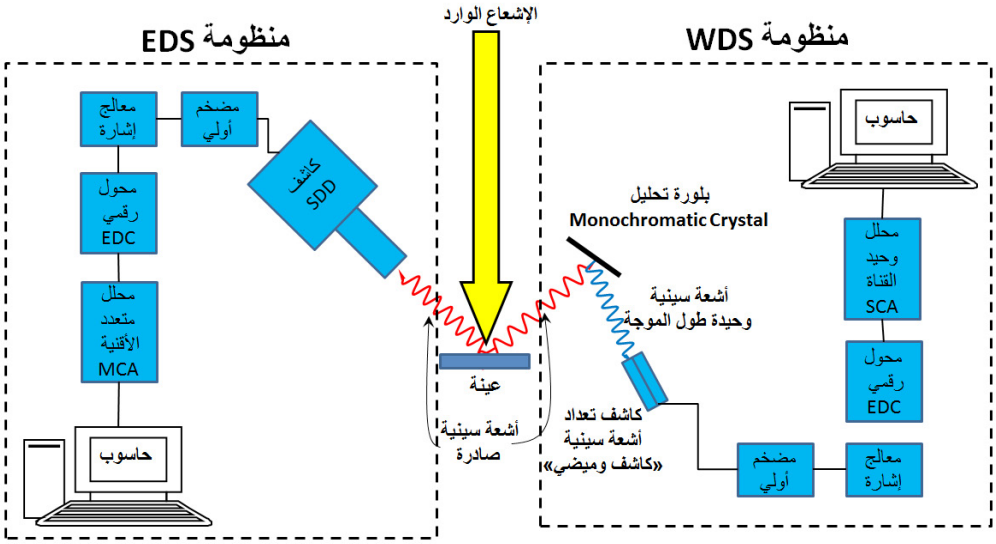
ذكر سابقاً أن إثارة الذرات بواسطة حزم إشعاعية أولية عالية الطاقة من الجسيمات المشحونة مثل الإلكترونات (تقنية EPMA) أو أيونات مسرعة (تقنية PIXE) أو حزمة أشعة سينية (تقنية XRF) ينتج عنها إصدار لاحق لأشعة سينية مميزة للعنصر، وهي تمتلك طاقات محددة بأطوال موجية محددة. يتيح كشف هذه الأشعة السينية تحليل العينات تحليلاً نوعياً وكمياً. هناك طريقتان رئيسيتان لرصد الأشعة السينية المميزة، حيث تعتمد الأولى على مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة energy dispersive spectrometry (EDS) بينما تعتمد الثانية على مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطول الموجي wavelength dispersive spectrometry (WDS)، حيث تقوم الأولى بفرز الأشعة السينية بناءً على طاقتها؛ بينما تقوم الثانية بفرز الأشعة السينية بناءً على أطوالها الموجية. تزود الحجرة التحليلية بأحد المنظومتين أو بهما معاً، تبعاً لنوع التحليل المطلوب.

يتيح استعمال EDS تسجيل جميع طاقات الأشعة السينية المميز والمستمر منها الناتجة عن تفاعل الإشعاع الأولي مع المادة بشكل متزامن، وينتج طيف الأشعة السينية كتعداد لهذه الأشعة الداخلة للكاشف بدلالة طاقتها. إن المكون الرئيسي لمنظومة EDS هو كاشف الأشعة السينية المصنوع من مادة نصف ناقلة مشوبة، وعادة ما تكون من السليكون المنجرف بأيونات الليثيوم Si(Li) أو السليكون المنجرف SDD، وقد تصنع من مواد نصف ناقلة أثقل مثل الجرمانيوم او تيليريد الكادميوم CdTe. يعمل كاشف EDS نصف الناقل على تحويل طاقة الأشعة السينية الواردة إليه التي تسبب تشكل أزواج إلكترون–ثقب ضمنه إلى نبضات كهربائية ذات جهد كهربائي متناسب مع هذه الطاقة، وتسمح منظومة مطيافية طاقية ملحقة بالكاشف من فرز هذه الطاقات ضمن قنوات باستعمال ما يسمى «محللاً متعدد الأقنية multi channel analyser».

من جهة أخرى، تستثمر منظومة مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطول الموجي WDS مبدأ انعراج الأشعة السينية كوسيلة لفصل الأشعة السينية ذات الأطوال الموجية المختلفة. يتكون مقياس الطيف من بلورة تحليل طيفي monochromatic crystal قادرة على فصل

الأطوال الموجية الواردة إليها تبعاً لترتيب هندسي مدروس، بالإضافة إلى كاشف تعداد أشعة سينية. عندما تصل الأشعة السينية إلى بلورة التحليل الطيفي فإنها تخضع لعملية انعراج يعتمد على طول الموجة واتجاه البلورة والأبعاد الشبكية للبلورة. تنعرج فقط الأشعة السينية ذات طول موجي معين لتدخل الكاشف. يتم تغيير الترتيب الهندسي للبلورة والكاشف لقياس الأشعة السينية بطول موجة أخرى. قد تحتوي تقنية WDS على مجموعة من المنظومات الطيفية من أجل العمل بكفاءة لقياس أكثر من طول موجي لتمكين قياس عدة عناصر في وقت واحد.

تدمج منظومتا EDS وWDS معاً أو بشكل منفصل، علماً أن منظومة EDS أكثر استعمالاً ورواجاً نظراً لبساطة مكوناتها مقارنة مع منظومة WDS. يعرض الشكل 7 الأشكال التخطيطية لمنظومتي EDS وWDS مع مقارنة سريعة بينهما في الجدول 2.



الشكل 7. الأشكال التخطيطية لمنظومتي EDS وWDS.

الجدول 2. مقارنة بين منظومتي EDS وWDS.

	الأشعة السينية المشتتة للطاقة EDS	الأشعة السينية المشتتة للطول الموجي WDS
قدرة الفصل الطاقي energy resolusion	فصل طاقي أقل (eV 155-130) FWHM	فصل طاقي عالٍ FWHM (2-6 eV)
الحصول على خرائط عنصرية	ممكن	ممكن
نسبة قمة إلى خلفية أرضية (peak/background)	جيدة والحساسية جيدة باستعمال PIXE وXRF، ولكنها أقل من أجل تقنية EPMA	عالية والحساسية أفضل بكثير
التأثر بالشروط الهندسية للمنظومة	تتأثر بشكل أقل	تتأثر بشكل كبير
الكشف لعدة عناصر multielemntal	ممكن	غير ممكن، ويجب تغيير الشروط الهندسية والتجريبية من أجل كل عنصر
تبريد الكواشف	كواشف Si(Li) تحتاج لتبريد بالنتروجين السائل كواشف SDD لا تحتاج لتبريد	لا تحتاج كواشف هذه المنظومة لأي تبريد
أجزاء متحركة ضمن المنظومة	لا	نعم
معدلات التعداد count rates	غير عالية بكواشف Si(Li)، أعلى بكواشف SDD	عالية جداً
حدود الكشف detection limits	من رتبة ppm من أجل PIXE وXRF و 0.1 % wt من أجل EMPA	أفضل بكثير
التكلفة المادية لبناء المنظومة	أرخص	غالية جداً
سرعة تجميع الأطياف والتحليل	سريع	أبطأ

المنظومات المحمولة portable systems

طوّرت منظومات تحليل الأشعة السينية المحمولة من أجل تقنيتي PIXE وXRF، وهي الآن متوفرة تجارياً، حيث تدمج منظومتا PIXE وXRF سوية بشكل محمول لإجراء قياس متزامن بهما، مما يجعل من الممكن أخذ المقياس الطيفي كاملاً إلى العينة بدلاً من العكس. هذه الأجهزة المحمولة مناسبة لإجراء القياسات الموقعية *in situ* والحقلية مثل العينات الأثرية والإسمنتية والصخور. يعتمد مبدأ عملها على قذف سطح العينة بحسيمات ألفا الصادرة عن منبع مشع مثل الأمريسيوم 241 كجسيمات مشحونة بدلاً من استعمال مسرع لتوليد أطياف PIXE، وقذفها بأشعة سينية أولية من منبع أشعة سينية لتوليد أطياف XRF؛ حيث تجمع أطياف الأشعة السينية هذه باستعمال كاشف مناسب، كما يجري كذلك تجميع جسيمات ألفا المتشتتة خلفياً بشكل مرن باستعمال كاشف جسيمات مشحونة. تسمح هذه المنظومة المحمولة بتحديد التركيب الكيميائي للعناصر عن طريق وضعها مباشرة مقابل العينة وتشغيل الجهاز، ومن ثم الحصول على الأطياف المذكورة آنفاً، ولا تتطلب هذه المنظومة أي تحضير مسبق للعينة. يكفي أن نذكر هنا أن هذه المنظومات المحمولة قد أرسلت إلى الفضاء من أجل دراسة التركيب العنصري لمكونات القمر والكواكب مثل المريخ.

الصفة اللاتخريبية

تشترك التقنيات التحليلية بكشف الأشعة السينية بكونها لا تخريبية للعينات بشكل عام. ورغم ذلك فالمخاوف من تغيير بنية العينة قد تنشأ لدى التعامل مع الإشعاعات، وخاصة لدى التعامل مع الحزم الأيونية ذات الطاقات العالية. يحكم الأثر التخريبي للحزمة عدة عوامل تشمل طبيعة العينة وخاصة العينات البيولوجية، وشدة الأشعة وطاقتها وزمن تجميع الأطياف، حيث يجب أن تؤخذ هذه الشروط بالحسبان قبل إجراء القياسات. قد تسبب الأشعة الواردة على العينة المدروسة تخريبها، ليس هذا فحسب بل يؤثر ذلك على نتائج التحليل الكمي نظراً لتغير بنية العينة. توجد وسائل عدة تسهم في تقليل الأثر التخريبي للعينة من قبل الإشعاع الساقط، تشمل: تبريد العينات أثناء تجميع الأطياف عن طريق منظومات التبريد الحديثة الملحقة بحامل العينات واستعمال تيارات حزمة أيونية أو إلكترونية وشدات أشعة سينية صغيرة واستعمال طاقات أشعة أولية صغيرة ما أمكن. كما تسهم منظومات المسح أو تحريك العينة لدى تجميع الأطياف في الحد من التأثير الموضعي للحزمة واستعمال عينات رقيقة ما أمكن واستعمال حوامل عينات بترتيب هندسي يضمن تبريد حرارة السطح.

تحضير العينات

تمتاز تقنيات PIXE وXRF وEPMA عموماً بكونها لا تحتاج إلى تحضيرات معقدة للعينات لجعلها قابلة للقياس، بل يمكن من حيث المبدأ تحليل العينة كما هي وبشكل لا تخريبي non destructive، وخاصة فيما يخص العينات الصلبة. وبالرغم من ذلك، قد يتطلب إجراء بعض التحضيرات للعينات الصلبة حسب طبيعتها؛ حيث يجري قص العينات الصلبة مثل الصخور والخلائط المعدنية للحصول على سطوح ملساء تضمن عدم تشتيت الأشعة عن السطح، وتكبس عينات المساحيق powders مثل الرمل والأتربة باستعمال مكابس هيدروليكية خاصة من أجل تحليلها في الخلاء. يجب أن يؤخذ بالحسبان طلي العينات العازلة بطبقة رقيقة من مادة ناقلة غالباً الكربون باستعمال طرائق الترسيب الفيزيائي المتنوعة لكبح مفعول الشحن لدى تحليلها في الخلاء. بالإضافة لما سبق، يجب أن يكون سطح العينات أملسَ ونظيفاً جداً.

إضافة إلى ذلك، تمتاز تقنيات PIXE و XRF وEPMA بقدرتها على تحليل العينات السائلة إما مباشرة باستعمال منظومات كشف الأشعة السينية في الهواء أو عن طريق تجميدها بالنتروجين السائل ووضعها ضمن الخلاء مع المحافظة على تجميدها باستعمال منظومات التبريد الحديثة ضمن الخلاء. يمكن إجراء بعض العمليات الفيزيائية البسيطة التي تضمن تحويل العينات السائلة إلى صلبة عن طريق التجفيف أو التجفيد freeze drying أو الترسيب على حامل مناسب أو بطرق كيميائية مثل الترميد الجاف dry ashing أو الترسيب الكيميائي. إن أسهل الطرائق المعتمدة لتحضير العينات السائلة وجعلها قابلة للقياس في الخلاء هي تنقيط قطرات عدة من العينة السائلة باستخدام ماصة ميكروية على حامل مناسب ومن ثم تركها لتجف على سطح هذا الحامل. كما يمكن أن توضع العينة السائلة ضمن حامل يحوي نافذة رقيقة مناسبة، ومن ثم وضع هذا الوعاء الذي يحوي العينة في مسار الأشعة الأولية وجعلها تصدم النافذة الرقيقة ومن ثم

المادة السائلة بداخلها. تمتاز طريقة التحليل المباشر للعينات السائلة بالترسيب على سطح حامل مناسب بأنها سهلة جداً وتوفر إمكانية إجراء تحليل مباشر دون الحاجة لتحضيرات كيميائية معقدة، وأنه لا يحصل تلوث للعينة بعناصر أثر trace elements خارجية بالمقارنة مع تقنيات التحضير الكيميائية التقليدية التي قد تسبب تلوثاً للعينة أثناء عمليات التحضير المذكورة.

يعيب هذه الطريقة أن تجانس توزع العناصر غير مضمون ولا بد من بعض الإجراءات لضمان الوصول لتحليل كمي دقيق تشمل بشكل أساسي جعل أبعاد الحزمة الواردة أكبر من أبعاد بقعة الترسيب، والانتباه لجعل سماكة الترسيب صغيرة بحيث تكون رقيقة بما فيه الكفاية لضمان عدم إحداث توهين للأشعة السينية الصادرة من عمق العينة. كما لا بد من استعمال حوامل تتميز بميزات محددة أهمها: يجب أن تكون مصنوعة من مواد تحوي عناصر خفيفة أي عناصر ذات عدد ذري منخفض، ويجب أن تكون رقيقة من رتبة الميكرون أو أقل من أجل تخفيف مفعول الكبح الأيوني، ويمكن التعامل معها ميكانيكياً، وتتحمل الأثر الحراري والإشعاعي للإشعاعات الواردة، ولاتتفاعل مع المحلول المرسب عليها، وأن تكون رخيصة الثمن، وتتمتع بنقاوة عالية. إن الحوامل المعتمدة حالياً هي حوامل مصنوعة من السيليلوز العالي النقاوة، أو مواد بوليميرية رقيقة مثل millipore nuclepore وmylar وformvar، وأفضلها حوامل الكربون النقي.

التحليل الكمي والكيفي

يعطي تحليل طيف الأشعة السينية نتائج نوعية وكمية للمكونات العنصرية للعينة. كما يعطي محور الطاقة (محور الفواصل) في طيف الأشعة السينية معلومات كيفية عن العناصر الموجودة نظراً لصفة الأشعة السينية المميزة المذكورة آنفاً، بينما يعبر محور تعداد الأشعة (محور التراتيب) عن كمية العنصر المدروس، ويعتمد التحليل الكمي على تحويل تعداد الأشعة السينية ضمن كل قمة مميزة في الطيف إلى واحدة التركيز.

إن الطريقة النموذجية لإجراء التحليل الكمي من أجل تقدير تركيز العناصر في عينة ما باستعمال هذه التقنيات هي الطريقة النسبية relative method، التي تعتمد على مقارنة تعداد الأشعة السينية في طيف العينة مع ذلك العائد لعينة مرجعية تمتلك نفس الطبيعة والتركيب مع المحافظة على الشروط التجريبية لمنظومة تجميع الأطياف. يمكن تعميم استعمال الطريقة النسبية من أجل العينات الرقيقة، حيث يُهمل مفعول خسارة الطاقة للأيونات أو الإلكترونات الواردة وتوهين الأشعة السينية الأولية الواردة، كما يُهمل توهين الأشعة السينية الصادرة عن عمق العينة. تنشأ في البداية ما تسمى منحنيات الحساسية من أجل العينات الرقيقة التي تربط تعداد الأشعة السينية لكل عنصر مع تركيزه باستعمال عينات مرجعية رقيقة، ثم يسقط تعداد الأشعة السينية للعينة الرقيقة المدروسة على هذه المنحنيات للحصول على التركيز المطلوب لكل عنصر.

يجب لدى تحليل العناصر السميكة الأخذ بالحسبان الخسارات الطاقية أو التوهين تبعاً للأشعة الأولية الواردة، حيث تختلف المقاطع العرضية لإصدار الأشعة السينية عند كل عمق، مما يعقد عملية التحليل. ليس ذلك فحسب، بل تخضع الأشعة السينية المتولدة عند كل عمق لتوهين مختلف حتى وصولها للكاشف مما يزيد الأمر تعقيداً. لا بد من معرفة مسبقة بالمكونات العنصرية الرئيسية للعينة أو ما تسمى matrix elements من أجل أخذ العمليات المذكورة سابقاً بالحسبان.

طورت لاحقاً الطريقة المطلقة absolute method لتحليل الأشعة السينية التي لا تتطلب من حيث المبدأ وجود أي عينات مرجعية standardless mesurements اعتماداً على الأساسيات الفيزيائية لكل تقنية fundamental parameters. يعتمد ذلك على معرفة المقاطع العرضية لإصدار الأشعة السينية المميزة لكل تقنية بدلالة طاقة الإشعاع الساقط والشدات النسبية لها ومقدار الخسارات الطاقية energy loss للأيونات والإلكترونات ومعاملات توهين الأشعة السينية، بالإضافة إلى معاملات أخرى. يتطلب التحليل المطلق إضافة إلى ذلك توصيفاً ومعايرة دقيقة لمنظومة الكشف التي تتضمن تحديد الأبعاد الهندسية للمنظومة والزوايا الصلبة وكفاءة الكاشف وغيرها، بالإضافة إلى تحديد مسبق ودقيق لطاقة الأشعة الساقطة وشدتها. تضمن البرمجيات الحديثة المزودة بقاعدة بيانات ضخمة كل ما سبق ذكره، وذلك بإجراء التحليل بطريقة مطلقة، وهي متوفرة حالياً بشكل تجاري، هذا فضلاً عن البرمجيات المدمجة في منظومات تجميع الأطياف التي تقوم بعملية التحليل المطلق لحظة تجميع أطياف الأشعة السينية.

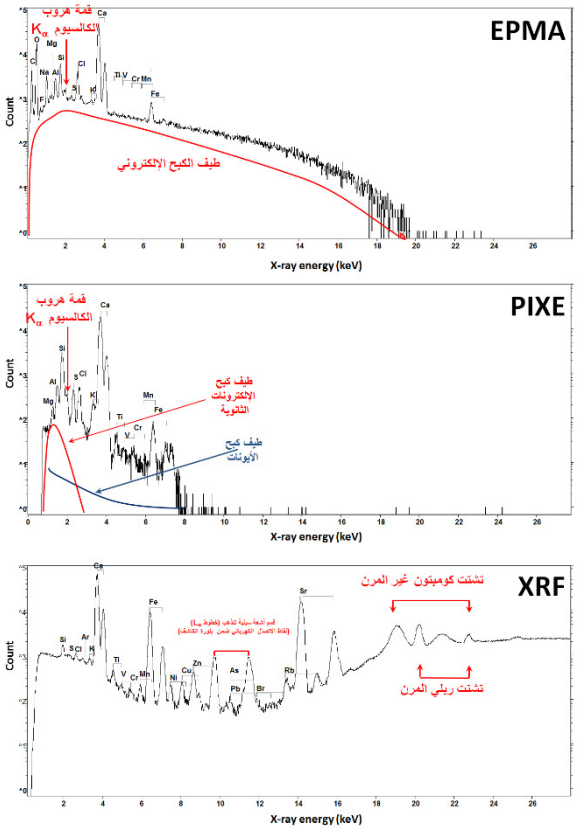
تجدر الإشارة في النهاية إلى أن مفهوم سماكة العينة سواء كانت رقيقة أم متوسطة السماكة أم ثخينة هو مفهوم نسبي يختلف باختلاف الأشعة الأولية الواردة للعينة، من أيونات أو إلكترونات أو أشعة سينية أولية، كما يتعلق بطبيعة العينة وطاقة الأشعة الواردة؛ فالعينة التي تعد رقيقة باستعمال أشعة سينية أولية قد تكون سميكة باستعمال حزمة أيونية. لا بد من الأخذ بالحسبان موضوع سماكة العينة، ولكل تقنية إجراءات تجريبية خاصة بها لتقدير نوعية سماكة العينة والطريقة المثلى لتحليلها تبعاً لذلك.

الإشعاعات الثانوية secondary والخلفية background

يرافق الأشعة السينية الناتجة عن تفاعل الإشعاع الوارد سواء كان جسيماً مشحوناً أو أشعة سينية أولية مع المادة إصدار طيف واسع من الجسيمات والأشعة الثانوية بالإضافة للأشعة السينية المميزة التي يمكن أن تؤثر سلباً على عملية التحليل العنصري بالأشعة السينية المميزة في بعض الحالات. يشكل إصدار إشعاعات الكبح أهم هذه التفاعلات الثانوية السلبية التي تسمى bremsstrahlung الناتجة عن تباطؤ حركة الجسيمات المشحونة الواردة (أيونات أو إلكترونات) أو الإلكترونات الثانوية الناتجة ضمن المادة الهدف كنتيجة للأفعال الكولونية مع حقل النواة ومع الإلكترونات في هذه المادة. تظهر الطاقة التي يفقدها الجسيم المشحون خلال هذه المواجهة على شكل فوتونات أشعة سينية مستمرة؛ نتيجة لاختلاف التأثير المتبادل بين الإشعاع الوارد من جهة ونواة الهدف وإلكتروناتها من جهة أخرى. يظهر هذا الطيف المستمر من الفوتونات في طيف الأشعة السينية المميزة، مما يسبب ضياعاً في تمايز هذه القمم، ويؤثر سلباً على حدود الكشف العنصري وعلى حساسية التحليل. يلاحظ هذا الأثر بوضوح شديد في طيف EPMA في منطقة الطاقات المنخفضة على شكل هضبة تحت القمم المميزة، وتبدأ من بداية الطيف وتنتهي عند طاقة مساوية لطاقة الإلكترون الوارد؛ نتيجة للكبح الإلكتروني الكبير الذي تخضع له الإلكترونات الأولية. بالمقابل لا تخضع الجسيمات المشحونة المسرعة للكبح بنفس الشدة التي تخضع لها الإلكترونات نظراً لكتلتها الأكبر، ولا يتأثر طيف PIXE بهذا الأثر بشكل ملموس مقارنة مع طيف EPMA، ويزداد هذا الأثر بشكل ملحوظ بزيادة طاقة الأيون الوارد. بالإضافة إلى ذلك، تشكل إشعاعات غاما الناتجة عن التفاعل النووي بين نوى الأيونات المسرعة ونوى المادة الهدف، وخاصة الخفيفة منها، طيفاً مستمراً في طيف PIXE، له أثر سلبي على عملية التحليل. كما يظهر أثر الكبح في طيف XRF بشكل واضح نتيجة عمليات الكبح التي تحدث للإلكترونات ضمن منبع الأشعة السينية الأولية، حيث لا تصدر أشعة سينية أولية مميزة فحسب، بل كذلك طيفاً مستمراً أولياً من إشعاعات الكبح. بالإضافة لما سبق، تشكل نواتج التشتت المرن ريلي rayleigh وغير المرن كومبتون compton للأشعة السينية الأولية مصدراً آخر من مصادر الإشعاعات الثانوية التي تظهر في طيف XRF بشكل واضح جداً. كما تبرز عادة قمم مميزة لعنصر الذهب في طيف XRF نتيجة الأشعة السينية المتفلورة عن طبقة الذهب الرقيقة التي تستعمل كعنصر اتصال كهربائي في كاشف الأشعة السينية نصف الناقل، حيث تعدّ الأشعة السينية الأولية المتشتتة والعابرة لنافذة البيريليوم الرقيقة ضمن الكاشف المسبب الرئيسي لإحداث الأشعة السينية المتفلورة عن الذهب. لا تظهر قمم الذهب المذكورة آنفاً في أطياف PIXE أو EPMA نتيجة لفقدان طاقة الجسيمات المشحونة المتشتتة في نافذة البيريليوم. كما يمثل ظهور قمم إشعاعات هروب الأشعة السينية المميزة escape peaks قاسماً مشتركاً في أطياف الأشعة السينية عموماً، حيث يمكن تفسير ظهورها كما يلي: عندما يسقط فوتون أشعة سينية على بلورة الكاشف، وتكون طاقته المميزة عالية بما فيه الكفاية، فيمكن أن ينتج إلكترون كهرضوئي من المادة التي صنعت منها هذه البلورة ولتكن السليكون Si يصدر عنها أشعة سينية Kα مميزة للسليكون. يجري عادة امتصاص كامل أشعة هذا الفوتون في معظم الأحيان ولا يساهم في ضياع أي نبضة كهربائية صادرة عن الكاشف. ومع ذلك، يمكن لهذا الفوتون الهروب من البلورة، وعندها تظهر طاقة الفوتون المميز الداخل للبلورة في الطيف مطروحاً منها طاقة الفوتون الهارب، ومن ثم تظهر في الطيف قمم زائفة تمثل قمم الهروب. كما تعد قمم الجمع sum peaks التي تنتج عن تزامن وصول أكثر من فوتون للكاشف قمماً أخرى تظهر عموماً في طيف الأشعة السينية، وينبغي الانتباه لها واعتبارها قمماً زائفة ليست مميزة. من المهم ملاحظة أن شدة قمم الجمع تعتمد على معدل العد، ويمكن تقليصها والتخلص منها بشكل فعلي من خلال إجراء القياس باستعمال إشعاعات أولية ذات شدّات منخفضة ومراقبة معدلات العد count rate. وأخيراً، يواجه التحليل بتقنيتي PIXE وEPMA للعينات السميكة العازلة في الخلاء صعوبة كبيرة تتمثل في ضجيج خلفية هائل في طيفهما، وهو ناتج عن الشحن الموضعي للجسيمات المشحونة يؤدي إلى حجب كامل لقمم الأشعة السينية المميزة للعناصر. عندما تصدم الجسيمات المشحونة سطحاً عازلاً، تنشأ عملية تراكم الشحنة في موضع الصدم، مما ينجم عنه ازدياد محلي للكمون الكهربائي (بضعة كيلوفولط). يحفز هذا الكمون العالي حركية الإلكترونات على سطح العينة بحيث تتسارع باتجاهه أو بعكسه في حال استعمال الأيونات أو الإلكترونات كحزمة أولية،

على التوالي. يولد ذلك أشعة كبح عالية تسهم في إحداث ضجيج هائل في طيف PIXE أو EPMA، حيث بينت الدراسات ارتباط هذا الضجيج بحالة الشحنة المتراكمة والخواص البنيوية للعينة. يمثل طلي العينات العازلة بطبقة رقيقة من الغرافيت حلاً مثالياً لكبح عمليات تراكم الشحنة على سطح العينات العازلة في الخلاء.

ولكن من جهة أخرى يمكن أن تستثمر بعض النواتج الثانوية الأخرى في إغناء عملية التحليل للأشعة السينية الناتجة، من خلال دعم المنظومة التحليلية بكواشف إضافية مناسبة للإشعاعات الثانوية الناتجة. تعد على سبيل المثال الإلكترونات الثانوية الناتجة عن عملية الصدم والإلكترونات المرتدة عن العينة أساس تقنية SEM في المجهر الإلكتروني وهي تجري بشكل متزامن مع تقنية EPMA. إضافةً إلى ذلك، يشكل تزويد منظومات انعراج الأشعة السينية XRD وتقنية تحليل الإلكترونات الضوئية المستحثة بأشعة سينية XPS بمنظومة XRF داعماً كبيراً لهذه التقنيات، حيث يمكّن من إجراء قياسات تحليلية جزيئية وليس عنصرية فقط باستعمال XRF لوحدها عبر كشف نواتج ثانوية لتفاعل الأشعة السينية الأولية وهي أشعة سينية منعرجة في حال تقنية XRD وإلكترونات ثانوية في حال تقنية XPS. فضلاً عن ذلك، يعد القياس المتزامن لتقنية PIXE مع التقنيات التحليلية بالحزم الأيونية ion beam analysis الميزة الرائعة التي تنفرد بها PIXE مقارنة مع تقنيتي EPMA وXRF، حيث يمكن من حيث المبدأ كشف جميع عناصر الجدول الدوري عبر كشف طيف واسع من الإشعاعات الناتجة عن تفاعل الأيون مع المادة وهي تشمل بالإضافة للأشعة السينية 1) نترونات و2) أشعة غاما مميزة يتم كشفها باستخدام تقنية التحليل بأشعة غاما المحرضة بالجسيمات PIGE و3) جسيمات مشحونة يتم كشفها باستخدام تقنية التشتت الخلفي المرن EBS وتقنية التفاعلات النووية NRA وتقنية الارتداد الأمامي المرن ERDA.



الشكل 8. مقارنة بين أطياف EPMA و PIXE و XRF لعينة إسمنتية، يظهر على الأطياف قمم الأشعة السينية المميزة.

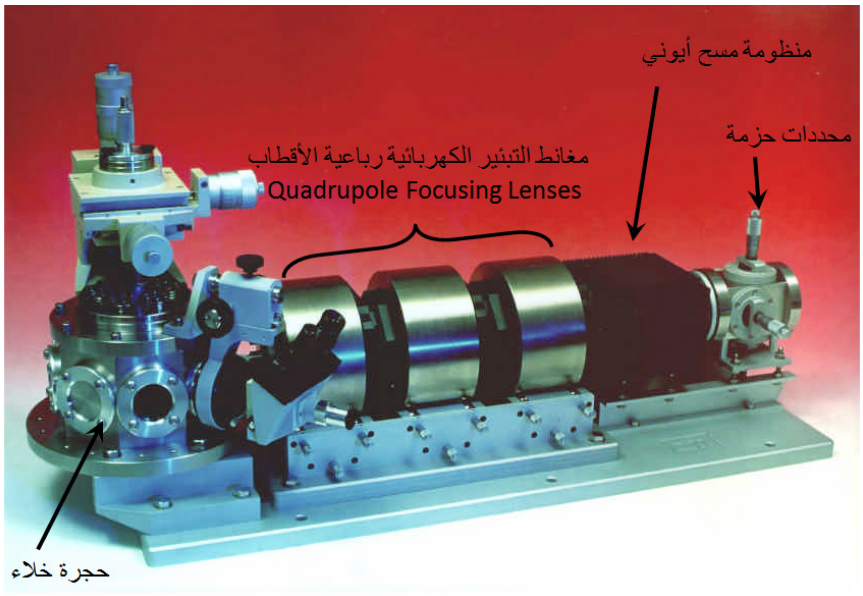
يظهر الشكل 8 مقارنة بين أطياف EPMA و PIXE و XRF لعينة إسمنتية، حيث يظهر عليها قمم الأشعة السينية المميزة، بالإضافة للأطياف المستمرة والخلفية backgorund التي نوقشت أعلاه.

الخرائط العنصرية

استثمرت تقنيات تحليل الأشعة السينية المذكورة آنفاً في البداية، وتحديداً PIXE و XRF كأدوات تحليل إجمالي للعينة bulk analysis، نظراً لأن أبعاد الحزمة الأولية كانت من رتبة أبعاد العينة أو أقل بقليل. برز الاهتمام بتحليل كميات صغيرة من العينات أو إجراء تحليل ضمن منطقة صغيرة من العينة أو تحليل العينات غير المتجانسة أو ذات الأشكال غير المنتظمة وكذلك العينات الصغيرة أو حتى الشوائب، وكان لزاماً تطوير هذه التقنيات التحليلية من أجل تصغير أبعاد الحزمة لتحليل هذه الأنواع من العينات. استعملت في بداية الأمر محددات الحزمة لتصغير حجم بقعة الإشعاع الوارد، ولكن ذلك كان يسبب ضياع جزء كبير من شدة الحزمة، ناهيك عن حوادث التشتت التي تحصل على حواف المحددات والتي تسبب بروز أشعة سينية مميزة لها في طيف الأشعة السينية.

انفردت في ذلك الوقت تقنية EPMA بحزمة إلكترونات أولية ذات أبعاد صغيرة جداً من رتبة النانو؛ نظراً لسهولة تبئير حزمة الإلكترونات وذلك بسبب طبيعتها التي تتأثر بالحقلين الكهربائي والمغنطيسي، وتمكن الباحثون حينها من الحصول على خرائط عنصرية بالإضافة إلى أطياف الأشعة السينية. تعدّ الحزمة الأيونية حزمة جسيمات مشحونة ويمكن من حيث المبدأ تبئيرها أسوة بالإلكترونات التي تعد جسيمات مشحونة أيضاً. طوّرت منظومات تبئير الحزم الأيونية باستعمال مغانط التبئير الكهربائية رباعية الأقطاب quadrupole

focusing lenses. وقد ينشأ عن مجموعة واحدة من هذه المغانط حقل مغناطيسي يؤدي إلى تركيز الحزمة في مستو واحد، ومن ثم يجري تركيز الحزمة مرة أخرى في المستوي المعامد للمستوي السابق من خلال وضع مجموعة مغانط أخرى رباعية الأقطاب عند اتجاه معامد بالنسبة إلى المستوي الأول، وينتج في النهاية بقعة أيونية ميكروية. تسمح منظومة انحراف deflection أفقي وشاقولي بإجراء مسح أيوني للحزمة الميكروية الناتجة على سطح العينات المدروسة. كما ينتج عن تحصيل البيانات أثناء مسح الحزمة الميكروية صورة أو خريطة لموقع العناصر داخل منطقة المسح، وبالتالي يتم إنشاء خرائط عنصرية. يعرض الشكل 9 منظومة توليد حزمة أيونية ميكروية.



الشكل 9. منظومة توليد الحزمة الأيونية الميكروية من شركة Oxford Microbeams Ltd.

كانت في الماضي فكرة تبئير الأشعة السينية الأولية في تقنية XRF لأبعاد صغيرة أمراً صعباً؛ نظراً لطبيعتها الكهرطيسية التي لا تخضع للحقول الكهربائية والمغناطيسية كما هو الحال في الأيونات والإلكترونات. جرى الاقتصار في البداية على تبئير الأشعة السينية الأولية باستعمال محددات حزمة صغيرة الأبعاد، في نطاق عدة مليمترات إلى بضع عشرات من الميكرومتر في أفضل الحالات. لقد قاد التطور الهائل في بصريات الأشعة السينية إلى إمكانية تبئيرها لأبعاد تصل لأقل من الميكرون وبشدة عالية على سطح العينات. تمتلك هذه المنظومات كذلك أحجاماً صغيرة إذا ما قورنت بالمسرعات الأيونية. نظراً لعدم إمكانية إجراء مسح لحزمة الأشعة السينية (أسوة بالحزم الأيونية أو الإلكترونات التي تستثمر منظومة مسح كهربائي) على سطح العينة وذلك بسبب طبيعتها الكهرطيسية، يجري تحريك العينة عوضاً عن ذلك بشكل مؤتمت عبر حزمة الأشعة السينية الميكروية وتجميع أطياف XRF بشكل متزامن في كل موضع للحصول على الخرائط العنصرية. يسمح مسح حزمة الأشعة السينية الميكروية على العينة بالحصول على خرائط عنصرية ثنائية الأبعاد على مساحات سطحية كبيرة تصل إلى $100\times100\ mm^2$.

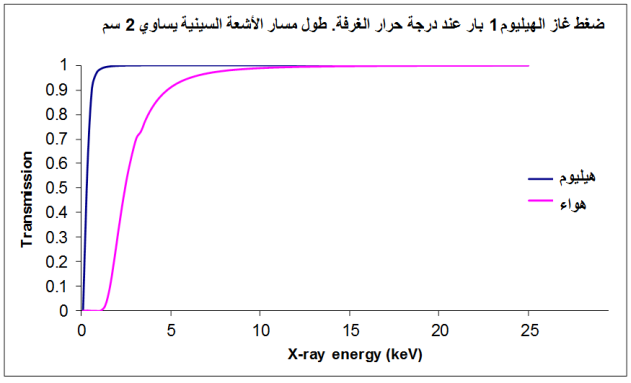
تمتاز منظومات تجميع أطياف الأشعة السينية الحديثة بإمكانية جمع البيانات باستعمال خيار يسمى List Mode، حيث يسمح هذا الخيار بتشغيل ملفات حفظ الأطياف والخرائط العنصرية لاحقاً حتى بعد انتهاء تحصيل البيانات وذلك لإنشاء خرائط عنصرية جديدة من مناطق محددة من مكان المسح وأطيافها الطاقية المقابلة للمواقع المحددة. يفيد هذا الخيار في التخلص من الأماكن غير المرغوبة ضمن الخرائط العنصرية للحصول على أماكن محددة ضمن الخرائط العنصرية، وتوليد أطياف الأشعة الجديدة المقابلة للمواقع المختارة على الخرائط العنصرية.

القياسات في الخلاء وفي الهواء

تمكّن منظومتا PIXE وXRF من إجراء قياسات في الهواء وفي الخلاء، في حين تستثمر تقنية EPMA في الخلاء حكماً، نظراً لصغر طاقة الإلكترونات التي تخضع لخسارة طاقة كبيرة في الهواء. تسمح منظومات الخلاء الحديثة بالوصول لضغوط منخفضة من رتبة

باستعمال مضخات التوربو الحديثة. يمكّن إجراء القياسات في الخلاء من الحفاظ على طاقة الأيونات والإلكترونات الساقطة وشدة الأشعة السينية الأولية الواردة، كما يسهم في منع توهين الأشعة السينية المتحرضة عن الأشعة الأولية، ومن ثم تحسين كفاءة كشف الأشعة السينية ذات الطاقات المنخفضة، وتحديداً فوتونات K للعناصر الخفيفة. كما يضمن إحداث القياسات في الخلاء التخلص من الأشعة السينية المتحرضة عن الأرغون الموجود في الهواء. تجدرالإشارة إلى أن إجراء القياسات في الخلاء يسهل من عملية إجراء التحليل الكمي للأطياف، من خلال تجاوز مشكلة توهين الأشعة السينية الأولية أو فقدان الطاقة للأيونات أو الإلكترونات الأولية، وكذلك التخلص من مشكلة توهين الأشعة السينية المتحرضة عن هذه الإشعاعات الأولية.

لا يخلو إجراء القياسات في الخلاء من بعض المشاكل، وتحديداً في القياسات المتعلقة باستعمال حزمة أيونية؛ حيث يظهر الأثر الحراري لهذه الحزمة على سطح العينات في الخلاء وخاصة العينات البيولوجية، مما يسبب تغييراً في مكوناتها الأساسية، كما يظهر مفعول الشحن الكهربائي الموضعي على العينات العازلة وهذا ما سبق ذكره. كما لا يمكن إجراء قياسات على عينات كبيرة نظراً لعدم إمكانية وضعها ضمن حجرة الخلاء؛ نتيجة لذلك يجب في بعض الحالات استثمار هذه التقنيات في الهواء. تستثمر معظم منظومات XRF في الهواء، بينما يستدعي استثمار تقنية PIXE في الهواء إجراء ترتيبات خاصة من أجل إخراج الحزمة الأيونية إلى الهواء من خطوط حزمة المسرع، وذلك عبر نافذة رقيقة مناسبة ذات خواص ميكانيكية تتحمل فروقات الضغط الكبيرة إضافة إلى للأثر الحراري والتشعيعي للأيونات. يسهّل إجراء القياسات في الهواء تحضير العينات؛ حيث يمكن إجراء التحليل على العينة كما هي بغض النظر عن طبيعتها وحالتها. أعطى ذلك تقنيات تحليل الأشعة السينية المختلفة في الهواء مجالاً واسعاً لعدد كبير من التطبيقات خاصة في تحليل العينات الكبيرة مثل القطع الأثرية وفي تحليل المواد الإسمنتية. كما يمكن استثمارها بسهولة في تحليل السوائل حيث يمكن الاكتفاء بوضع العينة السائلة معلقة على حامل مناسب في الهواء وتحليل العناصر الناتجة بشكل مباشر دون الحاجة لتعقيدات في تحضير العينات السائلة. يمكّن ذلك أيضاً من إجراء التحليل العنصري للمواد غير القابلة للوضع في الخلاء مثل الأنسجة الحية والمواد المشعة. لقد تميز إجراء قياسات الأشعة السينية في الهواء في مجال تحليل فلاتر الهواء aerosol، وأفرد له الكثير من الأبحاث. تجدر الإشارة أخيراً إلى أن إجراء قياسات تجميع الأشعة السينية في الهواء يتطلب الأخذ بالحسبان فقدان طاقة الأيونات وتوهين الأشعة السينية الأولية في الهواء، وكذلك ضرورة الانتباه لتوهين الأشعة السينية المتحرضة عن هذه الإشعاعات الأولية في الهواء خاصة لدى إجراء الحسابات الكمية. يسهم استعمال جو من غاز الهيليوم بين العينة والكاشف عن طريق ضخه بينهما بضغط محدد في منع توهين الأشعة السينية بشكل كبير، ويمكن ملاحظة أثره الفعال في منع هذا التوهين بالنظر إلى الشكل 10.



الشكل 10. معامل نفاذية الأشعة السينية في الهواء وفي غاز الهيليوم.

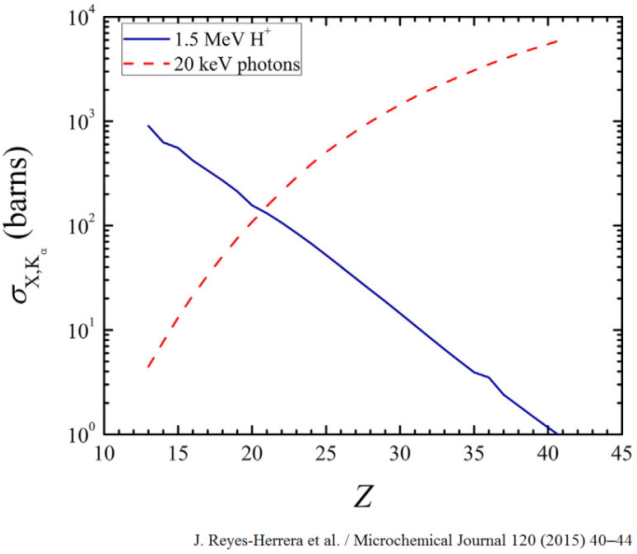
التعرض الإشعاعي

تشترك جميع التقنيات المذكورة آنفاً بأنها مصدّرات أشعة لحظية prompt radiation، وليست دائمة كما هو الحال في المواد المشعة الطبيعية أو الصنعية، وينعدم أثرها الإشعاعي مباشرة عند إطفاء المنظومة المصدّرة للإشعاع الأولي سواء كان مسرّعاً أيونياً أم منبع أشعة سينية أولية أم مجهراً إلكترونياً. لذا توصف حوادث التعرض الإشعاعي بأنها لحظية. كما لا يسبب استثمار هذه المنظومات ضمن الشروط التشغيلية الطبيعية المحددة مسبقاً –طاقة الحزمة الواردة وشدتها ونوعها– أي تشعيع طويل المدى للعينات. ومن ثم تختلف الحالة هنا عن حالة التشعيع بالنترونات مثلاً كما في تقنية التشعيع بالتنشيط النتروني أو بأيونات ذات طاقات مرتفعة وتستعمل في السيكلترون مثلاً من أجل إنتاج النظائر المشعة، وتتضمن هاتان الحالتان إنتاج مواد مشعة ذات أعمار محسوسة. بالرغم من ذلك يخضع جميع العاملين في هذا المجال لشروط المراقبة الإشعاعية، ويخضعون لدورات الوقاية الإشعاعية، كما تصنّف مناطق وجود المنظومات السابقة وفق تصنيفات مناطق المراقبة الإشعاعية. إضافة إلى ذلك، تتحكم بالمنظومات الحديثة كواشف إشعاعية متنوعة تتوزع حول المنظومة بشكل مدروس وتتحكم بأقفال مترابطة interlock تقوم بإطفاء المنظومة لدى حصول أي حادث إشعاعي.

مقارنة بين التقنيات التحليلية المرتبطة بكشف الأشعة السينية

يمكن تلخيص أهم الميزات المشتركة في تقنيات التحليل المرتبط بكشف الأشعة السينية بأنها تقنيات لا تخريبية للعينة في أغلب الحالات، وتمتاز بسهولة تحضير العينات بشكل عام، كما تمتلك حدود كشف تصل حتى رتبة الـ ppm مع إمكانية الوصول إلى تراكيز أقل عن طريق التحكم بتحضير العينات والشروط التجريبية المطبقة، وتمتاز بأنها متعددة كشف العناصر multielemental، كما أن الوصول للنتائج التحليلية لا يستدعي بالضرورة وجود عينات مرجعية بأنها standardless measurements، وتستطيع إعطاء خرائط عنصرية. تشترك بالمقابل جميعها بمحدودية إعطائها للتركيب العنصري فقط دون الجزيئي، بالرغم من وجود بعض الدراسات المتقدمة الحديثة في هذا المجال تتعلق بدمج منظومات PIXE و XRF مع مطيافية كشف أشعة سينية عالية الدقة high resolution X-ray.

بالعودة إلى أساسيات إصدار الأشعة السينية باستعمال إشعاعات أولية مختلفة، والتي نوقشت في بداية هذه المقالة، فيمكننا القول أن تقنيتي PIXE و EPMA متفوقتان على تقنية XRF من أجل كشف العناصر ذات العدد الذري المنخفض، في حين لا تستطيعان مجاراتها لدى كشف العناصر ذات العدد الذري المرتفع. يعرض الشكل 11 المقطعين العرضين لإنتاج الأشعة السينية Kα باستعمال حزمة بروتونات واستعمال حزمة أشعة سينية أولية كتابعين للعدد الذري، حيث يظهر جلياً امتلاك تقنية PIXE لمقاطع عرضية من أجل إنتاج أشعة سينية أعلى من تلك الأشعة التي تنتجها تقنية XRF للعناصر المنخفضة العدد الذري أي ذات طاقات أشعة سينية مميزة منخفضة الطاقة، بينما يعكس الأمر لدى النظر للعناصر ذات العدد الذري العالي والتي تمتلك طاقات أشعة سينية مميزة عالية؛ حيث تتفوق XRF حينها.



الشكل 11. المقطعان العرضيان لإنتاج الأشعة السينية باستعمال حزمة بروتونات وحزمة أشعة سينية أولية كتابعين للعدد الذري.

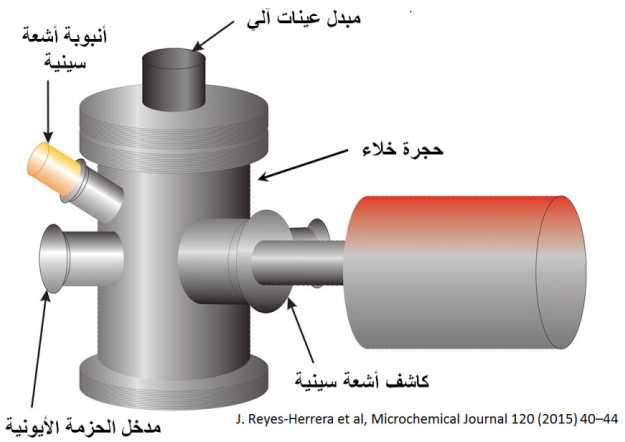
إن الاختراق الأعمق للأشعة السينية الأولية مقارنة بالإلكترونات في تقنية EPMA أو الأيونات في تقنية PIXE يجعل تقنية XRF أقل تأثراً بخشونة سطح العينات، في حين يجب الحصول على سطوح ملساء لدى التحليل بتقنية PIXE وصقيلة جداً لدى التحليل بتقنية EPMA. كما تعطي ميزة الاختراق الأعمق للأشعة السينية الأولية في تقنية XRF تفوقها على PIXE في تحليل العينات السميكة، ويجعلها مفضلة في تحليل العينات الجيولوجية والإسمنتية السميكة، في حين تكون تقنية PIXE ملائمة جداً لتحليل العينات الرقيقة، وتحليل فلاتر الهواء aerosol filters هو أكبر مثال على ذلك. إضافة إلى ذلك، لاحاجة إلى طلي سطح العينات بمادة ناقلة لدى التعامل مع تقنية XRF حيث لا يسبب استثمارها أي آثار شحن موضعي كالذي تسببه الأيونات أو الإلكترونات، ولا تعاني العينات لدى تحليلها تقنية XRF من مساوىء الأثر الحراري والإشعاعي، بعكس الحال لدى إجراء التحليل بتقنية PIXE خاصة في الخلاء؛ حيث يجب إجراء تحضيرات إضافية للعينات كما سبق ذكره.

إضافة إلى ذلك، استثمرت على نطاق واسع أنظمة EPMA المزودة بمنظومات EDX و/أو WDX في دراسة المواد جنباً إلى جنب مع المجهر الإلكتروني الماسح SEM نظراً لبساطتها وإمكانية توفيرها وقدرتها على إعطاء خرائط عنصرية مع صور ذات تمايز فراغي عالٍ spatial resolution يصل لأبعاد الأنغستروم متفوقة دون منازع على تقنيتي mico-PIXE وmicro-XRF في هذا المجال. ومع ذلك، يتطلب الحصول على البيانات وقتاً طويلاً للحصول على الخرائط العنصرية مقارنة مع تقنية PIXE نظراً للمقاطع العرضية الصغيرة لإصدار الأشعة السينية بواسطة الإلكترونات ذات الطاقة المنخفضة keV إذا ما قورنت بمجال MeV للأيونات الصادرة عن المسرّع. توفر تقنيتا PIXE وXRF حدود كشف عنصري تصل لمستوى 1µg/g وحتى أقل من ذلك في بعض التطبيقات، وهي أفضل من 100 µg/g أو 1000 µg/g الممكن الحصول عليها عند استثمار EPMA/WDS و EPMA/EDS على التوالي.

إن إمكانية استثمار تقنيات عديدة للتحليل بالحزم الأيونية ion beam analysis بشكل متزامن مع تقنية PIXE تمثل السمة الفريدة لها بالمقارنة مع غيرها من طرق التحليل العنصري، والتي تمكّن من حيث المبدأ من إيجاد التركيز العنصري لجميع عناصر الجدول الدوري.

إن الحصول على منظومة مسرع أيوني هو أمر مكلف جداً من وجهة نظر مادية، فضلاً عن كلفة التشغيل، إذ يتطلب علاوة على ذلك تجهيز طاقم علمي وتقني متخصص من أجل استثماره، على عكس أنظمة XRF أو EPMA التي توصف بأنها معدات مكتبية desktop equipments يمكن استثمارها بشكل أسهل. يمثل ذلك العيب الأساسي لاستثمار تقنية PIXE بالمقارنة مع أي تقنية تحليلية. تجدر الإشارة إلى أن منظومة EPMA الملحقة بالمجهر الإلكتروني ومنظومة Micro-XRF تكلفان أيضاً الكثير للحصول عليهما. ورغم ذلك فإن موضوع التكلفة المادية هو موضوع نسبي، ولا يكفي النظر إليه من وجهتي نظر كلفة بناء المنظومات وكلفة التشغيل فحسب، بل يجب الأخذ بالحسبان موضوع سرعة الحصول على البيانات وتحليلها ومدى سهولة ذلك وعدد العناصر المحللة وطبيعة العينات المراد تحليلها.

لا يمكن عموماً من الناحية العملية تفضيل التقنيات المذكورة آنفاً عن بعضها البعض؛ إذ يمكن القول بشكل واضح أن بعضها متمم لبعض complementary. يجري التوجه حالياً من قبل المجموعات البحثية إلى استثمار جميع التقنيات المرتبطة بكشف الأشعة السينية المذكورة آنفاً من أجل إجراء التحليل العنصري؛ فعلى سبيل المثال، يقوم الباحثون حالياً بإضافة منظومة XRF إلى منظومة تقنية PIXE سواء في الخلاء أم في الهواء (الشكل 12) من أجل إجرائهما بشكل متزامن، وبالتالي كشف طيف واسع من العناصر بدءاً من الفلور وما بعده.



الشكل 12. مخطط لحجرة خلاء تستثمر استعمال تقنيتي PIXE وXRF بشكل متزامن.

تطبيقات

استثمرت جميع هذه التقنيات التحليلية القائمة على كشف الأشعة السينية على نطاق واسع في تطبيقات هائلة لا يتسع المجال هنا إلا لذكر بعضها كما يلي:

في مجال الآثار

لقد لفتت ميزة الصفة اللاتخريبية لهذه التقنيات التحليلية اهتمام العاملين والباحثين في مجال الآثار، نظراً لحساسية هذا المجال للحفاظ على القطع واللقى الأثرية خاصة لدى استعمال منظومات التحليل في الهواء كما في الشكل 13. على المستوى العملي، لا يكاد يخلو متحف أو مؤسسة بحثية تعنى بالآثار من تقنية واحدة على الأقل من تقنيات الأشعة السينية الواردة سابقاً فحسب، بل إن مؤسسة بعراقة متحف اللوفر Louvre في باريس مثلاً تحتوي على جميع هذه التقنيات بالإضافة إلى مسرع أيوني. وإن لم يحتوِ بعض من تلك المؤسسات على أحد هذه التقنيات التحليلية، فهناك تعاون وثيق بينها وبين مراكز البحث المعنية بتحليل الأشعة السينية. تعطي التراكيز العنصرية التي توفرها هذه التقنيات –اعتماداً على الأساليب الإحصائية المتقدمة في تحليل البيانات والمعرفة العميقة الموجودة لدى علماء الآثار– معلومات مهمة من أجل توصيف وتحديد منشأ القطع الأثرية المدروسة وعصورها، وتعطي فهماً لتقنيات التصنيع المتبعة في الماضي، بالإضافة إلى الإجابة على عدد من الأسئلة التاريخية الأخرى. يمتد تطبيق هذه التقنيات التحليلية ليشمل كشف الغش في القطع الأثرية ومنع تهريبها.

الشكل 13. دراسة عينة أثرية باستعمال حزمة أيونية في الهواء.

في مجال البيئة

استثمرت التقنيات التحليلية المرتبطة بكشف الأشعة السينية المذكورة آنفاً في الدراسات البيئية، وقد أخذ موضوع تقصّي ملوثات الهواء حيزاً كبيراً منها، نظراً لميزة التحليل المباشر والمتعدد العناصر الذي تتمتع به هذه التقنيات. تنشأ العوالق في الغلاف الجوي من مجموعة متنوعة من المصادر الطبيعية والبشرية، وتسبب آثاراً سلبية على صحة الإنسان، وقد كانت موضع اهتمام من قبل العديد من الدراسات. ويمكن أن يوفر تحليل التركيب العنصري للعوالق الهوائية معلومات قيّمة بشأن نوعية الهواء ودرجة تلوثه. إضافة إلى ذلك، يعدُّ تطبيق الأساليب الإحصائية الحديثة على نتائج تحليل أطياف الأشعة السينية أداة قوية من أجل تقصي الارتباطات بين هذه العناصر، ومن ثم تحديد مصادر التلوث المحتملة وتحديد مساهماتها، وبالتالي البحث عن الحلول للحدّ منها.

في مجال الدراسات البيولوجية

استعملت التقنيات التحليلية التي تعتمد على تحليل الأشعة السينية المذكورة آنفاً بشكل واسع في تحليل الأنسجة البيولوجية والمواد الأخرى التي تحتوي على الماء، نظراً لقدرتها على إجراء تحليل العناصر الرئيسية والعناصر النزرة في المنظومة الحيوية المدروسة. كما تسمح ميزة الحصول على الخرائط العنصرية بتحليل الجسيمات الأولية في البنية البيولوجية المدروسة، من خلال تصوير توزيع العناصر ضمنها. تشمل مجالات التطبيقات الحيوية هذه أبحاث أمراض العظام والدم والشعر وغيرها من الأنسجة الحيوية، وتتبع مسارات الأدوية وتراكمها في الأنسجة وتصوير حصوات المرارة ودراسة الخلايا والبروتينات ومسارات المعالجات النباتية في النباتات وغيرها الكثير.

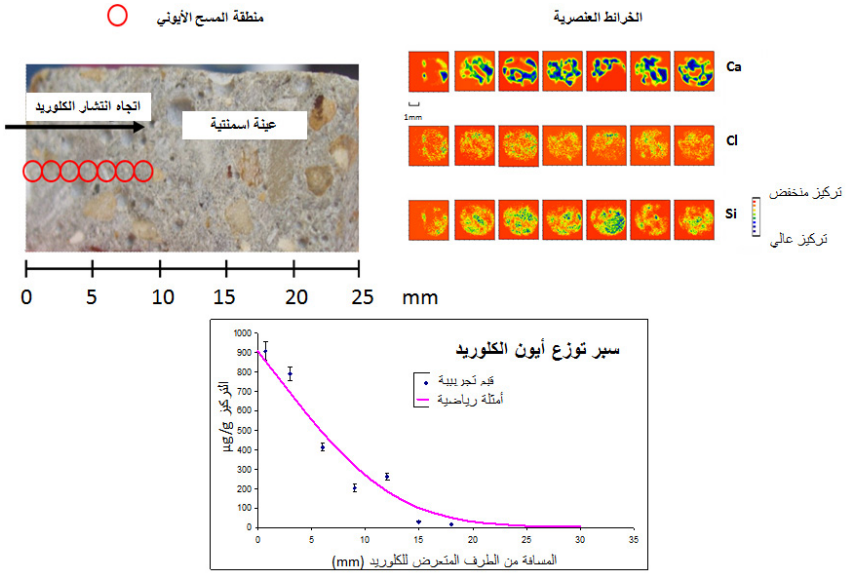
في مجال التقصي الدوائي

وظّفت التقنيات التحليلية التي تعتمد على كشف الأشعة السينية في أبحاث التقصي الدوائي من خلال تتبع ذرة عنصر مميز heteroatom من مكونات الدواء، مختلفة عن المكونات العنصرية للمنظومة الحاملة التي تكون عضوية غالباً. يمكن استثمارها في تحديد تركيز العامل الفعال في الدواء وكشف الغش الدوائي. كما وظّفت في دراسة المنظومات المحررة للأدوية، حيث تعد ملائمة في دراسة سلوك تحرر الأدوية، نظراً لدعمها الخرائط العنصرية، وبالتالي الحصول على توزع الدواء المكاني ضمن المنظومة المحررة، أو في دراسة تغير تركيز الدواء مع الزمن ضمن وسط التحرير.

في مجال علم المواد

أضحت تقنيات تحليل الأشعة السينية المذكورة آنفاً أداة أساسية لا غنى عنها في توصيف المواد ودراستها، ونذكر هنا بعض التطبيقات على سبيل المثال لا الحصر:

- تحديد سماكات الأفلام الرقيقة عن طريق دراسات توهين الأشعة السينية، أو دراسة المقطع العرضي للأفلام باستثمار منظومات المسح الميكروي.
- دراسات التوزع العنصري على سطوح المواد باستثمار الخرائط العنصرية الناتجة عن المسح المكيروي.
- تحديد تراكيز العناصر المكونة للخلائط المعدنية المستعملة في التطبيقات المختلفة.
- كشف عيوب الشبكة البلورية باستعمال تقنية channeling، وتحديد العناصر المعيبة defect؛ بوضع العينات على حامل مؤتمت قادر على توجيه العينة باتجاهات عديدة لتغيير زوايا ورود الأشعة الأولية الساقطة عليها ومراقبة مستويات تعداد الأشعة السينية الصادرة.
- تحليل المواد الإسمنتية وتقصي الانتقالات العنصرية من حيث الانتشار والهجرة في الخرسانة المسلحة (الشكل 14).



الشكل 14. تقصي انتشار الكلوريد ضمن المواد الإسمنتية.

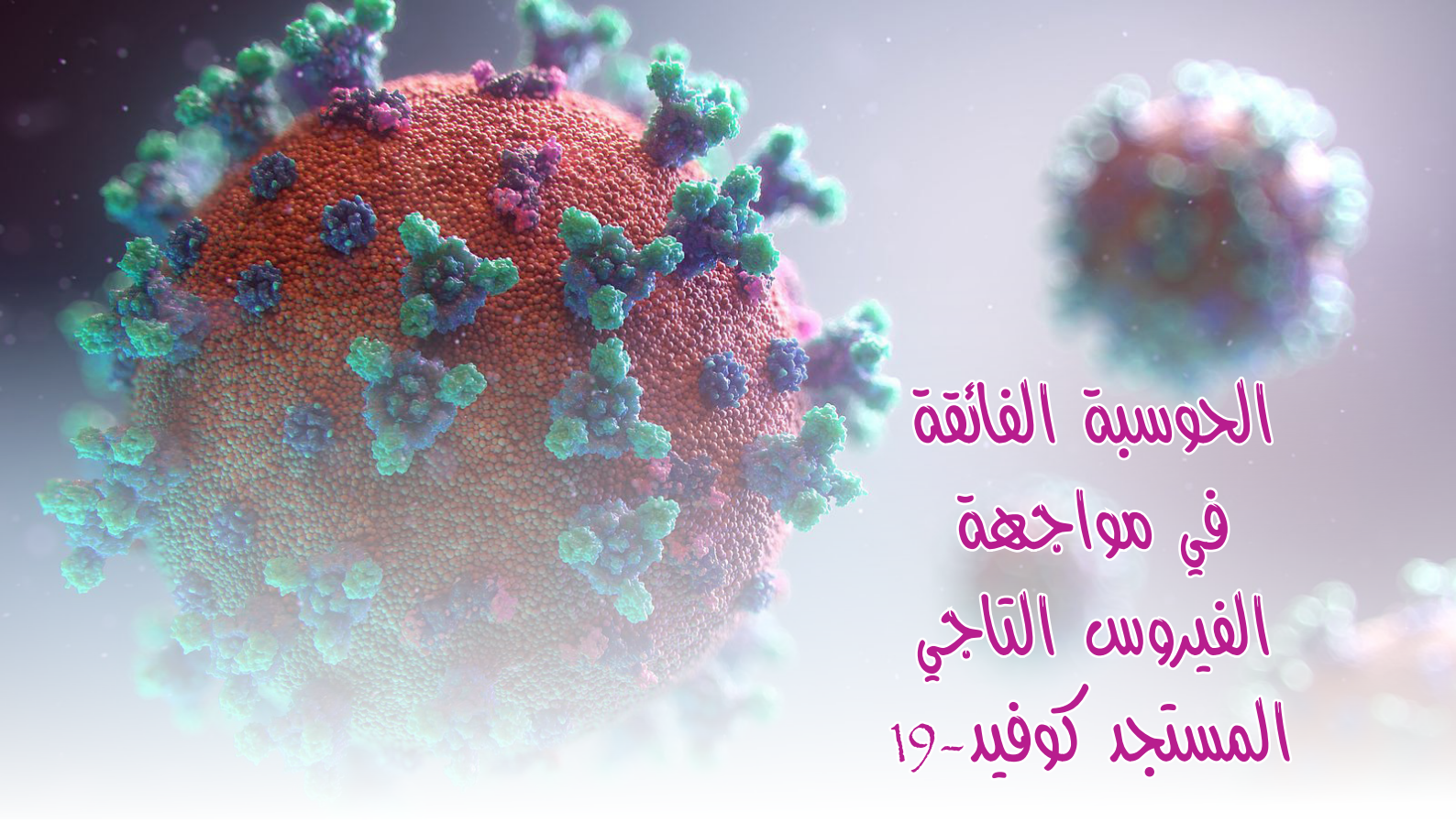
في مجال التقصي الجنائي

إن حدود كشف العناصر التي تصل لمستوى ppm، والتي تتمتع بها تقنيات تحليل الأشعة السينية وصفتها اللاتخريبية التي توفر حفظ الأدلة الجنائية قد لفتت نظر العاملين في مجال التقصي الجنائي. وغالباً ما توجد الأدلة الجنائية بكميات صغيرة جدًا كدليل يجمع من مسرح الجريمة، وتستعمل العناصر المكتشفة في هذه الأدلة كبصمة مميزة لتحديد المواد غير المعروفة ومطابقة مواد مسرح الجريمة مع تلك التي تم العثور عليها مع المشتبه بهم وتوفير معلومات قيمة عن مكوناتها سواء كانت بقايا طلقات أسلحة او حتى مكونات حيوية للمشتبه بهم مثل العرق والشعر والدم. إضافة إلى ذلك، تقدم هذه التقنيات تحليلاً عنصرياً تفصيلياً وبدقة مكانية تتراوح بين المليمتر إلى بضعة ميكرومترات باستعمال منظومات المسح الميكروية، حيث تسمح مثلاً بتسجيل الخرائط العنصرية لبصمة الإصبع كاملة. قد لا يكون من المستغرب مع هذه القدرات الاستثنائية أن نجد منظومات تحليل الأشعة السينية في مختبرات الطب الشرعي في جميع أنحاء العالم.

المراجع

- Amelinckx S, van Dyck D, van Landuyt J, van Tendeloo G. 1997. Electron Microscopy: Principles and Fundamentals, Weinheim: VCH Verlagsgescllschaft mbH.
- Beckhoff B, Kanngießer B, Langhoff N, Wedell R, Wolff H, 2006. Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Campbell JL, Johansson SAE. 1988. PIXE - a Novel Technique for Elemental Analysis. New York: John Wiley & Sons.
- Campbell JL, Johansson SAE, Malmqvist KG. 1995. Particle-Induced X-Ray Emission Spectrometry (PIXE). New York: Wiley-Interscience.
- Heinrich KFJ, Newbury DE, 1986. Electron probe X-ray microanalysis, pp. 516 – 535. In: Materials Characterization (ed. Whan RE), Cleveland: ASM International.
- Van Grieken RE, Markowicz AA. 2001. Handbook of X-Ray Spectrometry, New York: Marcel Dekker, Inc.

تأليف: **د. صلاح ريحاوي**، قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.



الحوسبة الفائقة في مواجهة الفيروس التاجي المستجد كوفيد-19

ملخص

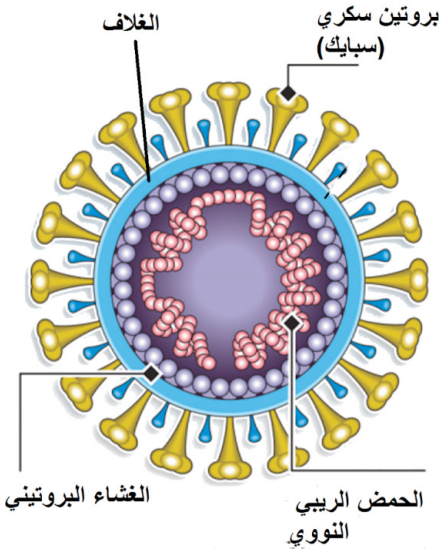
أعلنت العديد من المراكز العلمية الرائدة في مجال الحوسبة الفائقة والذكاء الصنعي حول العالم تقديمها خدمات حاسوبية عالية الأداء مجاناً للباحثين الذين يعملون في أي جانب يسهم بإيجاد حلول لتفشي فيروس كورونا المستجد كوفيد-19؛ حيث ستوفر هذه المراكز حواسب بقدرات معالجة فائقة للباحثين المهتمين بتطوير لقاح أو عقار خاص بالفيروس ورسم الخرائط وتحديد مسارات تفشي الوباء وتطوير الخوارزميات الجينية لتشخيص الإصابة بالفيروس. استعرض في هذا المقال فكرة عامة عن الحوسبة العالية الأداء والذكاء الصنعي وإمكانية الاستفادة منهما في الحد من انتشار الفيروس المستجد.

الكلمات المفتاحية: الحوسبة العالية الأداء، الذكاء الصنعي، فيروس كورونا المستجد.

مقدمة

أعلنت منظمة الصحة العالمية في شهر آذار المنصرم من هذا العام تصنيف فيروس كورونا المستجد كوفيد-19 (الشكل 1) الذي يتفشى بصورة متسارعة حول العالم على أنه جائحة. وقد تم رصد هذا الفيروس أول مرة في كانون الأول من العام الماضي بمدينة ووهان بوسط الصين، ومن ثم انتشر في كل قارات العالم. ورغم اختلاف الآراء في المجتمع العلمي حول أصل هذا الفيروس القاتل وكيفية نشوئه وتطوره، إلا أن المؤكد هو المشاكل الكبيرة والآثار العميقة التي خلفها هذا الفيروس على البشرية؛ فهو حالياً يعرقل نشاطات الحياة اليومية والدورة الاقتصادية في عدد كبير من دول العالم، حيث اضطرت العديد من الدول إلى منع الاختلاط الاجتماعي وإغلاق كامل للمدارس والجامعات وإيقاف حركة النقل البري بين مدنها وإلغاء تنظيم أنشطة وفعاليات كبرى بالإضافة إلى إيقاف حركة النقل الجوي مع البلدان التي تفشى فيها الوباء بشكل كبير، أضف إلى ذلك الضغط الهائل الذي شكلته الأعداد المتزايدة للمصابين بهذا الفيروس على القطاع الصحي على مستوى التجهيزات والعاملين، فلقد عانت الكثير من الدول مثل إسبانيا وإيطاليا من نقص كبير في أجهزة التنفس الاصطناعي والأكسجين؛ الأمر الذي أدى بالكثير من المستشفيات إلى وقف استقبال المرضى باستثناء الذين يحتاجون عناية طبية مركزة أو تدخل جراحي عاجل. إضافة إلى ذلك فإن الأطباء والممرضات والعاملين الطبيين الآخرين على الخطوط الأمامية في مواجهة الفيروس يحتاجون إلى معدات حماية خاصة لمنع انتقال العدوى إليهم، الأمر الذي دفع الكثير من المراكز الطبية إلى استخدام الروبوتات الذكية لمراقبة الحالة الصحية للمرضى ولتقديم بعض الخدمات الأخرى مثل توزيع الوجبات الغذائية.

مما تقدم سابقاً تتضح جسامة الخطر الكامن في هذا الوباء الذي يُعد بمثابة خطر على البشرية جمعاء؛ لذلك لا بد من تضافر الجهود من كافة القطاعات العلمية والخدمية تحت استراتيجية علمية واحدة يتمثّل هدفها في وقف هذه الجائحة. وسنعرض فيما يلي المساهمة المحتملة للحوسبة العالية الأداء في الجهود الرامية للتصدي لهذا الوباء.



الشكل 1. بنية الفيروس التاجي المستجد كوفيد-19.

ما هو السبب وراء صعوبة تطوير الأدوية

تُعدّ عملية تطوير الأدوية من العمليات الباهظة التكلفة والمستهلكة للوقت والجهد؛ حيث إن ما يقدر بـ 8% فقط من الأدوية الجديدة تنجح باجتياز الاختبارات السريرية قبل أن يتم اعتمادها للتسويق، لذلك يجب إعداد الباحثين العاملين في تطوير المستحضرات الصيدلانية لحتمية الفشل المتكرر طوال حياتهم المهنية البحثية. ولكن ما الذي يجعل هذه العملية صعبة للغاية؟

إن تطوير أي دواء يمر عادة بثلاث خطوات أساسية: الخطوة الأولى هي اكتشاف طريقة علاجية للمرض، وهذا يشمل تحديد الأساس الجزيئي للمرض وإيجاد مسار بيولوجي معين من المرض يمكن استهدافه بواسطة الدواء والتأكد من أن الدواء لا يؤثر سلباً على مسارات حيوية أخرى لتجنب الآثار الجانبية غير المرغوب فيها.

وتتضمن الخطوة الثانية بشكل أساسي الاختبارات ما قبل السريرية، حيث يتم اختبار الدواء على الحيوانات الحية مثل الفئران المخبرية، وإن اجتياز الدواء هذه الخطوة يعني أن النموذج الحيواني الذي يشبه الإنسان قد تم علاجه بالعقار الجديد دون أن تظهر عليه آثار جانبية ذات أهمية. أما الخطوة الثالثة فهي مرحلة التجارب السريرية للدواء الجديد؛ حيث يتم التأكد من سلامته على البشر وتحديد الجرعة المثلى. إن هذه المرحلة هي أكثر المراحل صعوبةً والأقل احتمالاً في الوصول إليها، وتحتاج هذه المرحلة إلى ثلاث سنوات وحوالي 86 مليون دولار حتى تكتمل وتتكلل بالنجاح.

يتضح مما سبق أن عملية اكتشاف العقاقير وتطويرها عملية طويلة وصعبة ومكلفة ومملة للغاية؛ وهذا يعود إلى التعقيد الكبير للأنظمة البيوكيميائية التي يتكون منها جسم الإنسان، حيث إن التفاعلات بين البروتينات ومسارات أكسدة الأحماض الدهنية والوظائف الحركية للفيتامينات بالإضافة إلى مئات العمليات الكيميائية الحيوية الأخرى ليست مفهومة بشكل كافٍ، لذا فإن محاولة تطوير دواء يستهدف الجزيئات المسؤولة في هذه العمليات بشكل انتقائي، وتعديل الجزيء المستهدف بنجاح لتحقيق بعض الجوانب العلاجية مع تجنب الآثار الجانبية غير المقبولة تثبت أنها ليست مهمة سهلة على الإطلاق.

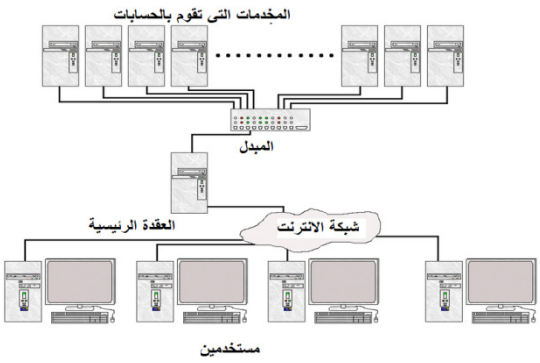
ما هي الحوسبة العالية الأداء

تتعلق الحوسبة العالية الأداء أو الحوسبة الفائقة باستخدام أنظمة الحواسيب المتقدمة للمساعدة في حل مجموعة من المشكلات البحثية أو الهندسية أو التجارية المعقدة التي تواجهها المجتمعات في وقتنا الحالي. تعرف المسائل المعقدة حسابياً على أنها المسائل التي لا يمكن حلها خلال وقت مقبول باستخدام الحواسب الشخصية المتوفرة حالياً، نذكر منها على سبيل المثال: توقعات الحالة الجوية ومسائل ديناميكية الموائع على أجسام الطائرات وتصميم العقاقير وتصنيعها ومسائل الكيمياء الكوانتية وعلوم المواد. ولتوضيح الفكرة سوف نشرح كيفية توقع الحالة الجوية حيث يجب ألاّ يستغرق الزمن اللازم للتوقع وقتاً أطول من الحدث الحقيقي. لنفترض أن الغلاف الجوي قد تم تقسيمه إلى 5×10^8 مكعب من الهواء حيث يبلغ حجم كل مكعب $1\times1\times1$ كيلومتر مكدّس على ارتفاع عشرة كيلومترات. ويجب لإتمام الحسابات وفق أفضل النماذج الرياضية تنفيذ 200 عملية حسابية في المكعب الواحد خلال الخطوة الزمنية الواحدة (1 ثانية). كما يجب لتوقع الحالة الجوية خلال أسبوع إنجاز الحسابات 10^5 خطوة زمنية، وبالتالي يجب إنجاز 10^{15} عملية حسابية، وهذا يتطلب 10^6 ثانية أي حوالي 10 أيام على حاسب ينجز 10^9 عملية حسابية في الثانية، وبالتالي سيكون التوقع غير نافع؛ لذلك تعتمد الحسابات العالية

الأداء على استخدام المعالجة المتوازية من أجل تشغيل برمجيات متقدمة بصورة فعالة وسريعة من أجل الحصول على النتائج بوقت مقبول.

إن مصطلح الحوسبة العالية الأداء ينطبق بشكل خاص على الأنظمة التي تنجز ما يزيد على تيرا فلوب 10^{12} عملية حسابية في الثانية الواحدة، ويستخدم هذا المصطلح عادة كمرادف لمصطلح الحاسب الفائق أو العملاق super computer الذي ينجز بعضها ما يزيد على بيتا فلوب 10^{15} عملية حسابية في الثانية الواحدة. إن أكثر مستخدمي أنظمة الحسابات العالية الأداء هم العلماء والمهندسون والمؤسسات الأكاديمية. يضاف إلى ذلك بعض الهيئات الحكومية، خصوصاً العسكرية التي تتطلب مهامها معالجة كم هائل من المعطيات مثل: التحكم بحركة الصواريخ وتنظيم حركة السير وما إلى ذلك.

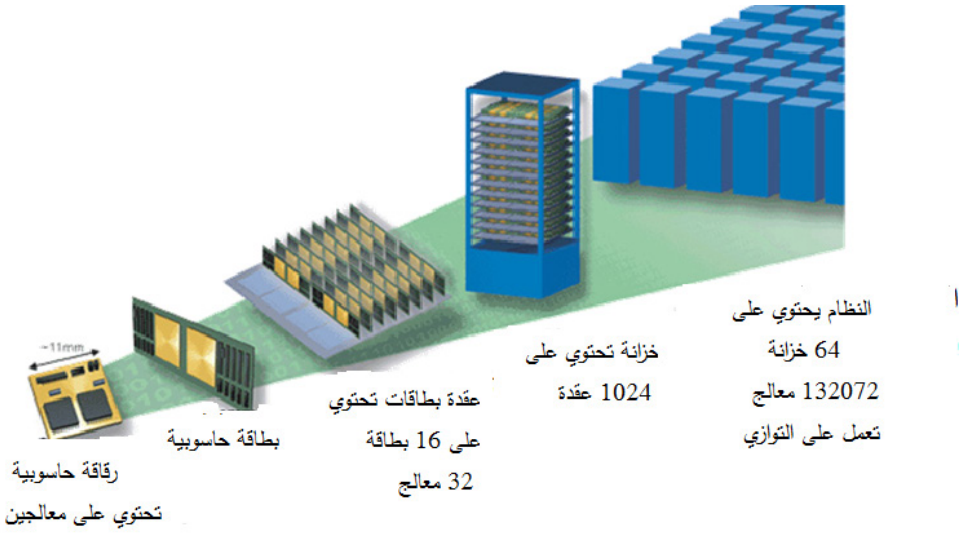
كانت أنظمة الحسابات العالية الأداء خلال العقد الماضي من الزمن تتنوع بين عدة حواسب مربوطة على التفرع (الحوسبة العنقودية الشكل 2)، إلى منشآت تحتوي على عدة آلاف من المعالجات التي تتخاطب مع بعضها بوسائط فائقة السرعة (الشكل 3). إن نمط الحواسب المربوطة على التوازي يعاني من مساوئ عدة أهمها: إن معظم الوقت المطلوب لإنجاز الحسابات لا يكون مستهلكاً من قبل المعالجات بل بالتواصل فيما بينها. بمعنى آخر، إن الزمن المطلوب لإنجاز حسابات معتبرة على حاسب ثنائي النوى عادة ما يكون أقصر منه لإنجاز الحسابات نفسها على حاسبين منفصلين يعملان على التوازي، لذلك تكون سرعة إنجاز الحسابات محددة بسرعة التواصل بين الحواسب.



الشكل 2. شبكة حواسب عنقودية.

وفي الوقت ذاته تتكون منشأة الحوسبة العالية الأداء عادة من مجموعة كبيرة من المعالجات الحاسوبية (العقد) المتصلة بشبكة سريعة، ثم يتم قياس أداء المجموعة وهو عدد العمليات الحسابية في الثانية وسعة تخزين البيانات مع عدد العقد.

لقد أسهمت أدوات الحسابات العالية الأداء بدعم الكثير من الأبحاث العلمية وتقدمها في شتى المجالات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، والوصول إلى فهم معمق لكثير من الظواهر الطبيعية التي لم يكن بالإمكان مراقبتها. نخص بالذكر الأبحاث التي تتعلق بتحصيل كميات هائلة من المعطيات الجينية ومعالجتها وأبحاث الفيزياء الفلكية التي تختبر نظرية النسبية العامة والتي تعدّ فوق مقدرة أجهزة المراقبة الفلكية وأبحاث الجسيمات الأولية التي تدرس البنية الأساسية للمادة. وفي المجال الهندسي، نشير إلى الأبحاث التي تدرس ديناميكية العنفات الريحية بغية تحسين أداء هذه العنفات، حيث يتوقع أن تؤدي طاقة الرياح دوراً كبيراً في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة في المستقبل.



الشكل 3. كيفية بناء الحاسوب الفائق.

الحوسبة العالية الأداء والفيروس المستجد

لقد قدم الوضع الحالي للعالم تحدياً وفرصةً نادرةً للعاملين في مجال الحسابات العالية الأداء من أجل المساعدة في حل الأزمة الصحية والاقتصادية الضخمة التي يشكلها الوباء، ولكن كيف يمكن للحواسب الفائقة مساعدتنا في مواجهة هذا الوباء؟ تسمح أنظمة الحوسبة العالية الأداء للباحثين بإجراء عدد هائل من الحسابات في علم انتشار الأوبئة والمعلوماتية الحيوية والنمذجة الجزيئية التي كانت ستستغرق عدة سنوات حتى تكتمل إذا تم العمل تجريبياً في المخبر أو على الأقل شهوراً إذا تم التعامل معها على منصات حاسوبية تقليدية، كما تسمح بتوفير تكلفة التجارب السريرية من خلال توفير البيانات والتحليل عن طريق الأجهزة التي تدعم الويب. فعلى سبيل المثال، تمكن الباحثون في مختبر أوك ريدج الوطني وجامعة تينيسي بالتعاون مع شركة آي بي إم IBM من فحص 8000 مركب دوائي من الأدوية المتوافرة حالياً في قواعد البيانات بهدف العثور على أفضل المرشحات من أجل تعطيل بروتين «سبايك» للفيروس التاجي المستجد، مما يجعله غير قادر على إصابة الخلايا المضيفة، وبالتالي وقف انتقال العدوى من المصابين وقد تمكنوا من التوصية بـ 77 مركباً دوائياً واعداً يمكن الآن العمل على اختبارها تجريبياً، وهذا ما يعرف بتسريع الاكتشاف من خلال الحساب الذي لم يكن ليتحقق لولا استخدام حاسوب IBM الفائق ساميت IBM's Summit supercomputer الذي يعدّ أقوى حاسوب عملاق في العالم؛ الأمر الذي دفع حكومة الولايات المتحدة إلى إطلاق اتحاد الحوسبة العالية الأداء الذي تتعاون فيه عدة هيئات مثل وكالة ناسا ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT وشركة أمازون بما في ذلك IBM؛ حيث سيوفر هذا المشروع كمية غير مسبوقة من القدرة الحاسوبية تبلغ أكثر من 330 بيتا فلوب و775000 نواة وحدة معالجة مركزية لمساعدة الباحثين حول العالم على فهم الفيروس المستجد بشكل أفضل والإجابة على أسئلة معقدة حول الشيفرة الوراثية أو الشكل الجزيئي للفيروس وفهم ديناميكية انتقاله في الهواء وتقييم فاعلية الأدوية التي تستخدم لعلاج أمراض أخرى مماثلة والتنبؤ بكيفية انتشاره وإيجاد طرائق لإيقاف الوباء أو إبطائه. وبالتالي مساعدة المنظمات والدول على الصمود والتكيف مع عواقب هذا الوباء وتسريع عملية الاكتشاف وتمكين المجتمع العلمي والطبي من تطوير العلاج في نهاية المطاف. ويجب التأكيد على أن النتائج الحسابية لا تعني بالضرورة العثور على علاج للفيروس التاجي، إلا أنها توفر إطاراً واعداً سيخضعه الباحثون التجريبيون لمزيد من الاختبارات السريرية، سيتم عندها فقط التأكد فيما إذا كان أي منهم يحمل الخصائص اللازمة لتحييد هذا الفيروس.

أما في البلاد العربية فقد انضم الحاسوب العملاق شاهين-2 الموجود في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا (كاوست) السعودية إلى العديد من الحواسب العملاقة حول العالم لدعم أبحاث وجهود مكافحة جائحة فيروس كورونا المستجد. يحتوي شاهين-2 على ما يقرب من 200 ألف نواة حاسوبية متصلة مع بعضها بشكل وثيق بواسطة شبكة اتصال عالية السرعة، ويقوم مركز أبحاث الحوسبة الفائقة في الجامعة بصورة خاصة بمحاكاة ونمذجة الانتقال الديناميكي للفيروس عبر الهواء، ومن ثم تحديد أفضل الطرق لمنع انتقال العدوى بين المواطنين. وفي الإمارات العربية المتحدة، قدمت مجموعة "G42" الرائدة في مجال الذكاء الصنعي والحوسبة السحابية الحاسوب الفائق «أرتيمس» بشكل مجاني للباحثين الذين يعملون في أي جانب من الجوانب المتعلقة بمكافحة الفيروس سواء الباحثين المهتمين بتطوير اللقاح أو العاملين في مجال تطوير تقنيات التقييم السريري والتنبؤ باتجاهات انتشار الفيروس.

المدن الذكية أثبتت كفاءتها في زمن كورونا

لجأت معظم دول العالم خلال أزمة الفيروس المستجد إلى حماية مواطنيها عن طريق إصدار تعليمات تتعلق بضرورة تطبيق التباعد الاجتماعي وحظر التجول خلال ساعات محددة من أجل الحد من تفشي العدوى بين المواطنين، ولكن كيف يمكن للحكومات التأكد من تطبيق المواطنين لهذه التعليمات؟

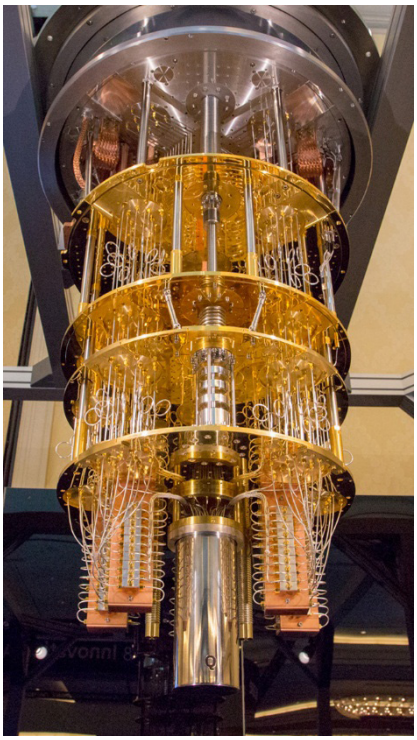
قدمت مدينة دبي في دولة الإمارات العربية المتحدة نموذجاً يحتذى به للمدن التي تستخدم التكنولوجيا بصورة فعالة للتأكد من تطبيق القانون، وهو ما يعرف بالمدن الذكية؛ حيث قامت الحكومة بتعديل نظام المراقبة الذي يعتمد على الذكاء الصنعي والمصمم بالأساس للحد من الحوادث المرورية بصورة تجعله قادراً على قراءة اللوحات المعدنية للسيارات من أجل تحديد المواطنين الذين يغادرون منازلهم أثناء فترات حظر التجول، كما نجحت دبي في توظيف تكنولوجيا تتبع الهواتف النقالة عن طريق الأبراج الخلوية لضمان الامتثال لإرشادات التباعد الاجتماعي ورصد حركة الحالات المصابة وتحديد الحالات المخالطة وعزلها؛ حيث تمكن هذه التقنية من تحديد موقع الهاتف المحمول بدقة لا يتجاوز الخطأ فيها المتر الواحد.

وقد استخدمت بعض المدن في الهند تطبيقات التكنولوجيا الذكية للمراقبة الجوية ورسم الخرائط الحرارية للسكان؛ ذلك أدى إلى تحديد الحالات المشتبه إصابتها بالفيروس، وقد سجلت معظم المدن الذكية معدلات أبطأ في الإصابة بفيروس كورونا، مما أدى إلى تخفيف الضغط على القطاع الصحي، ما كان هذا ليتحقق لولا استخدام الحواسب العملاقة التي يمكنها معالجة كم هائل من المعطيات التي تتدفق إليها بصورة مستمرة على مدار الساعة بفعالية ووثوقيه عالية.

الحوسبة الكمومية قد تحمل إلينا الحل لمواجهة الفيروس المستجد

شرحنا فيما سبق كيف يمكن للحوسبة العالية الأداء أن تساعد في تسريع عملية إيجاد علاج للفيروس المستجد عن طريق فحص مليارات من المركبات الكيميائية بسرعة للعثور على الأدوية المرشحة ذات الصلة، ولكن ماذا لو لم ينجح أيٌّ من المرشحات ليكون علاجاً لهذا الفيروس، وكم من الوقت نحتاج قبل أن تقترح الحواسب العملاقة العلاج المحتمل التالي؟ إن الوضع الديناميكي والمعقد للغاية للفيروس المستجد يتطلب مقاربة المشكلة بصورة مختلفة، بحيث يتم تطوير خوارزميات ذكية تمكننا من توليد تركيبات كيميائية معقدة جديدة يمكن أن تعمل كعلاجات للفيروس بسرعة أكبر، ولكن كيف يمكن لذلك أن يتم؟

أعلنت شركة Google مؤخراً في منشور علمي أن جهازها الحاسوب الكمي (53 بت) المسمى Sycamore (الشكل 4) قد أصبح قادراً على تحقيق التفوق الكمي؛ أي أنه قادر على حل المشكلات التي لا تستطيع أجهزة الحاسوب الكلاسيكية مهما كانت ضخامتها حلها عملياً. ودون الخوض بالتفاصيل العلمية، استغرق المعالج الكمي 200 ثانية فقط لأداء مهمة تتطلب 20000 سنة لإنجازها على الحاسوب العملاق. والسؤال المطروح هل يمكن توظيف هذه التكنولوجيا الخارقة في المعركة ضد الفيروس المستجد؟



الشكل 4. البنية الداخلية لحاسوب غوغل الكمي.

أعلنت مؤخراً شركة ناشئة في مجال الحوسبة الكمومية تدعى D-Wave Systems تصميم طريقة خاصة في الحوسبة السحابية تعتمد على دمج كل من الموارد الكلاسيكية والكمية لحل المشكلات الدقيقة والمعقدة للغاية، حيث يمكن معالجة ما يصل إلى 10000 متغير متصل بالكامل في الوقت نفسه. وقد أعلنت الشركة مبادرة بإمكانية الولوج المجاني إلى خدمة السحابة الكمومية الهجينة لأي باحث يعمل على الاستجابة لتفشي الفيروس المستجد وكيفية إيقافه. انضم إلى هذه المبادرة مركز البحوث العلمية بمدينة يولش Forschungszentrum Jülich –وهو مركز أبحاث ألماني متعدد التخصصات– وتعدّ هذه المبادرة واعدة لتسريع حل المشكلات المعقدة غير المسبوقة في علم الأدوية وعلم الأوبئة مثل تلك التي نشأت في أزمة الفيروس المستجد. يمكن أن تساعد الخدمة السحابية الهجينة للشركة الباحثين على محاكاة التفاعلات الجزيئية بين الفيروس التاجي والخلايا المضيفة ومحاكاة انتشار الفيروس في البيئات المعقدة مثل الهواء، كما يمكن أن تساعد أيضاً المخططين على جدولة عمل الأطباء والممرضات والموارد الأخرى في المستشفيات بالصورة المثلى.

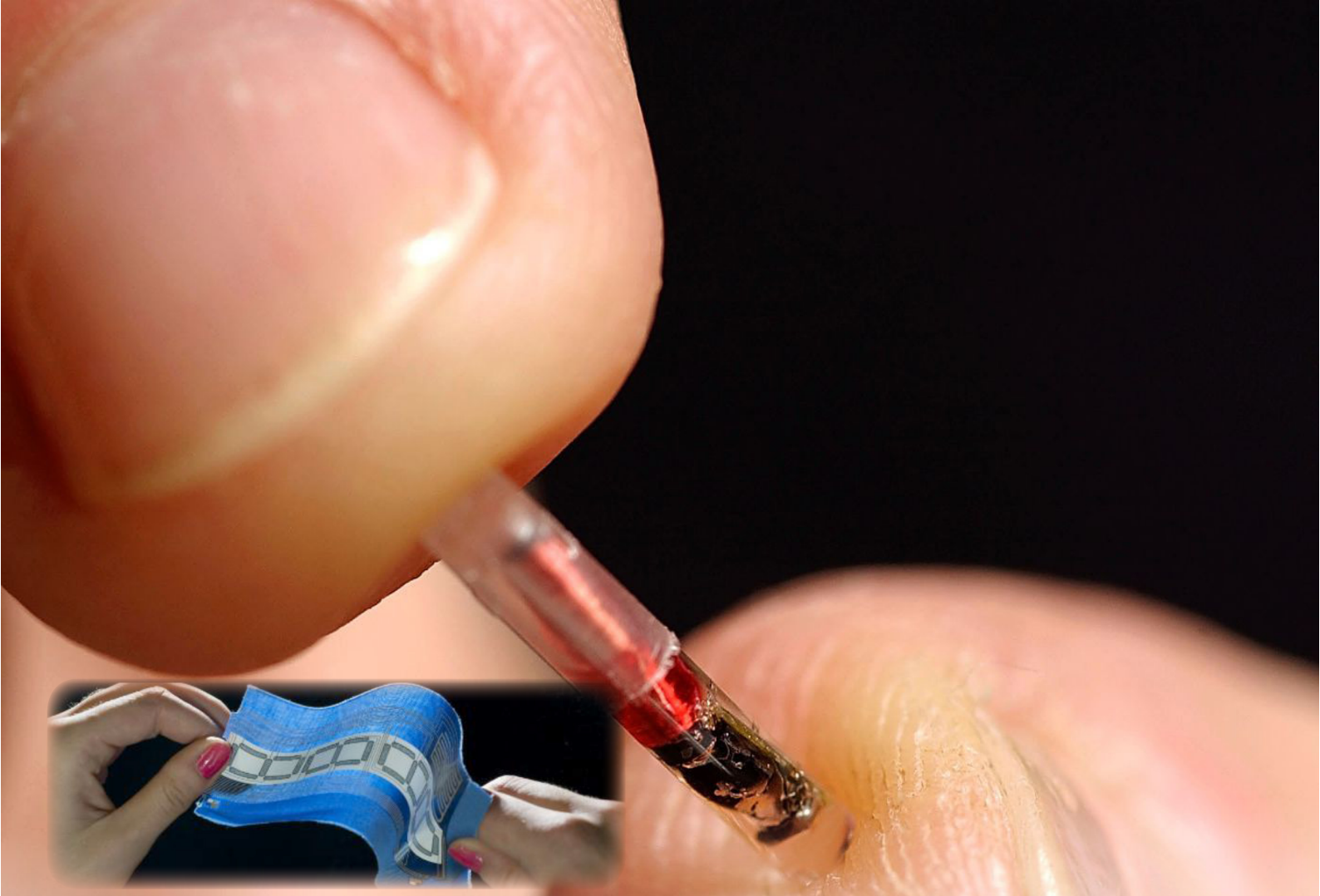
الخاتمة

لا بد من التأكيد في نهاية هذا المقال على أن المعركة ضد الفيروس المستجد قد تحولت إلى معركة عالمية، ومن أجل تحقيق تقدم في هذه المعركة يجب النظر في جميع الخيارات لمساعدة الحكومات والمؤسسات الصحية على مراقبة تفشي هذا الوباء وإدارته. إن استخدام التكنولوجيا والخبرة المتراكمة في مجالات الحوسبة العالية الأداء وقدرات الذكاء الصنعي يمكن أن يسرع عملية إيجاد لقاح أو علاج للفيروس المستجد، كما يمكننا من أمثلة استخدام الطاقات البشرية والإمكانات اللوجستية للحد من انتشار هذا الوباء. ولما كان من الصعب إحاطة كافة الجوانب المتعلقة بالحوسبة العالية الأداء في مقال واحد، فإننا نأمل أن نكون قد استطعنا التفصيل ولو بشكل جزئي ومبسط في أهمية هذه التكنولوجيا لمختلف مجالات العلوم، وأن يكون هذا المقال نقطة بدء للعمل على نقل تكنولوجيا الحوسبة الفائقة إلى مؤسساتنا العلمية.

المراجع

- Eijkhout V (2010). Introduction to High-Performance Scientific Computing. Available at: https://pages.tacc.utexas.edu/~eijkhout/Articles/EijkhoutIntroToHPC.pdf (accessed 25 June 2020).
- Hann M, Leach A, Gavin H (2017). Molecular complexity and its impact on the probability of finding leads for drug discovery. The Journal for Chemical Information and Computer scientists 41(3): 856-864.
- Mohs C, Greig H (2004). Drug discovery and development: Role of basic biological research. Translational Research & Clinical Interventions 3(4): 651- 657.
- Quantum–Google Research. Available at: https://research.google/teams/applied-science/quantum (accessed 25 June 2020).
- What is the future for smart cities after Covid-19. Available at: https://oxfordbusinessgroup.com/news/what-future-smart-cities-after-covid-19 (accessed 29 June 2020).

تأليف: **د. باسم عصفور**، قسم الكيمياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.



الحساسات والرقائق الإلكترونية القابلة للزرع في الجسم البشري أو القابلة لارتدائها مع الملابس

تصنيعها وأهم التطبيقات المنفذة منها حتى اللحظة

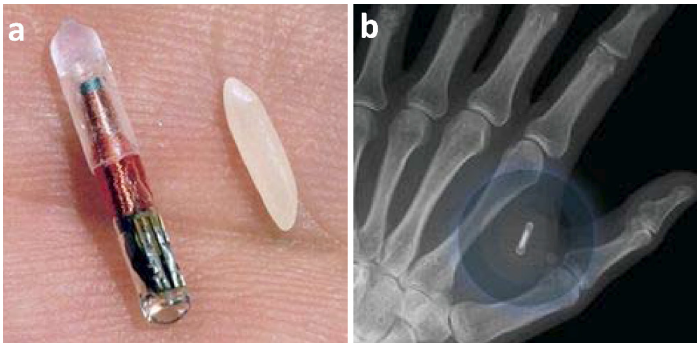
ملخص

لقد حققت التكنولوجيا الإلكترونية مؤخراً تطوراً ثورياً عظيماً من خلال تطوير الحساسات أو الرقائق الإلكترونية القابلة للزرع في الجسم البشري التي تقوم بتخزين جميع البارامترات الحيوية للإنسان من حرارة وضغط الدم أو من خلال مراقبة نبضات القلب والسكر والعديد من الأمور الحيوية الأخرى المهمّة لصحة الأنسان. ولعل من أهم الأمور الجيدة التي تَتميز بها هذه الحساسات هو قدرتها على التواصل لاسلكياً مع الجهات الصحية في حال الضرورة أو من خلال إرسال البيانات الصحية للطبيب المتابع. كما تم تطوير شرائح إلكترونية في بعض البلدان قابلة للزرع في الجسم البشري لتسجيل كامل البيانات الشخصية و/أو المالية أو الأمنية في حال الضرورة التي يمكن التحكم بها عن طريق الأجهزة الإلكترونية كالهاتف المحمول وذلك من خلال تطبيقات خاصة جداً. ويعدّ من أهم من التطورات العظيمة لهذه التكنولوجيا تطوير طابعات ليزرية لصناعة الألياف النانوية ودمجها بالملابس من خلال إدخالها في النسيج المستخدم لتصنيع الملابس، حيث تمتاز هذه الألياف الإلكترونية بقابليتها للطي وتحمل الحرارة والرطوبة المرتفعة، ومن أهم تطبيقات هذه الألياف المدخلة إلى الملابس هو استخدامها في تخزين الطاقة الشمسية والمكثفات الفائقة.

الكلمات المفتاحية: الحساسات، الجسم البشري، الرقائق الإلكترونية، الملابس.

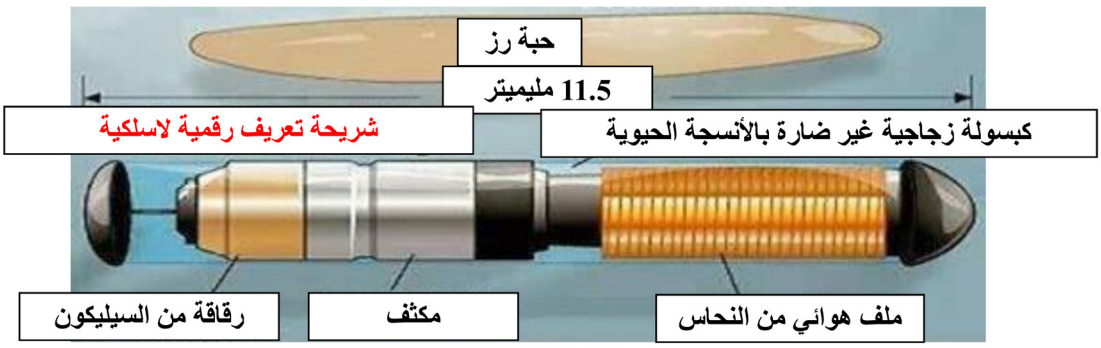
مقدمة

الرقائق الإلكترونية هي عبارة عن شرائح إلكترونية يوجد منها نوعان: منها ما هو خامل، ومنها ما هو نشط. لا يحتوي النوع الأول على مصدر طاقة داخلي ويستخدم للقراءة فقط ولتخزين كمية قليلة من المعلومات، وغالباً ما تستخدم الشرائح الالكترونية الخاملة لزراعتها تحت الجلد، وهي مطبقة منذ فترة طويلة على الحيوانات، حيث يمكن للطبيب البيطري من خلال جهاز ماسح التعرف على التاريخ الطبي لهذا الحيوان. أما الشرائح النشطة فهي تحتوي على مصدر طاقة داخلي ومساحة أوسع للتخزين وتستخدم لعمليات أكثر تعقيداً من الشرائح الخاملة. لنركز هنا على النوع الأول من الشرائح فهي قابلة للزرع تحت الجلد في الجزء بين الإبهام والسبابة وهي بحجم حبة الرز (الشكلين 1 و 2)، وهي مكونة من ملف هوائي من النحاس ومكثف ورقاقة من السليكون وكبسولة زجاجية غير ضارة بالأنسجة الحيوية (الشكل 3)، ويمكن التواصل معها عن طريق الأشعة الراديوية، وتستخدم للأغراض الطبية؛ حيث يتم إدخال الرقاقة الدقيقة تحت الجلد في عملية تستغرق أقل من 20 دقيقة ولا تترك أي أثرٍ ظاهرٍ للعيان. ولعل من إحدى أهم تطبيقاتها أنها تخزن بصمت وبشكل غير مرئي المعلومات الخاصة بالمريض عند مرور اليد التي زرعت بها الرقاقة أمام ماسح ضوئي خاص بهذه التكنولوجيا. كما يمكن استرداد المعلومات المخزنة في داخلها عند الضرورة.



الشكل 1. **a**) شريحة التعريف الرقمية اللاسلكية RFID مقارنة بحجم حبة رز، **b**) مكان زرعها باليد.

الشكل 2. يمكن ملاحظة مكان شريحة التعريف الراديوية RFID، وإمكانية ازاحتها بشكل معتدل من مكانها عند الفحص.



الشكل 3. مكونات شريحة التعريف الرقمية اللاسلكية RFID.

أهم تطبيقات الشرائح الإلكترونية

يمكن لشريحة أو رقاقة إلكترونية ميكروية يتم زرعها في ذراع المريض أن تساعد الأطباء والمستشفيات في تسريع عملية الاطلاع على كامل المعلومات الحيوية والتاريخ الطبي للمريض، حيث يمكن للأجهزة الطبية الدقيقة التي يمكن ابتلاعها أو زرعها في الجسم أن توفر للأطباء طرائق جديدة لتشخيص العديد من الأمراض ومراقبتها وعلاجها، كما يمكن استخدامها لتوصيل الأدوية إلى مكان محدد في الجسم ومراقبة العلامات الحيوية واكتشاف الجهاز الهضمي من الداخل. وهناك بعض الشرائح التي يتم فيها استخدام أقطاب كهربائية قابلة للزرع تحت الجلد، يتم وصلها بتيارات كهربائية خاصة لاستخدامها بتقنية تعرف باسم التحفيز العميق للدماغ، وهي تُستخدم غالباً لعلاج مرض باركنسون أو الصرع، ويتم التحكم في هذه الأقطاب الكهربائية الآن عن طريق جهاز يشبه جهاز تنظيم ضربات القلب مزروع تحت الجلد، حيث يمكن لها تحفيز نشاط الخلايا العصبية أو تثبيطه، وهي مفيدة جداً في علم الوراثة.

يمكن التحكم بهذه الحساسات أو الشرائح إلكترونية من خلال الأشعة الراديوية القادمة من هوائي خارج الجسم، لكن النقّاد لهذه التكنولوجيا يحذرون من أنها يمكن أن تفتح باباً جديداً لتعريض سرية السجلات الطبية وخصوصيتها للخطر من خلال قرصنتها. أما المؤيدون لها فهم مصرون على أن امتلاك هذه الأنواع من التقنيات التي تجعل الحياة أسهل للمريض هي جزء من مستقبل الطب، وقالوا إنه سيتم تطوير تقنيات وبرمجيات تعتمد على أقوى خوارزميات التشفير لضمان عدم تمكن المتسللين من الحصول على البيانات الطبية لأن نقل المعلومات من رقاقة إلى قارئ أو إلى قاعدة البيانات سيكون آمناً وسيساعد على معالجة مخاوف الخصوصية. يؤكد الباحثون أن الزرعات implants هي رقائق خاملة؛ مما يعني أنها لا تحتوي على مصدر طاقة مدمج لذا لا يمكنها إرسال إشارات حول موقعها، حيث تحصل الرقائق على طاقتها وترسل البيانات عند تطبيق جهاز القراءة مباشرة على الشريحة. ويؤكد الباحثون إذا كان الشخص قلقاً بشأن تعقبه، فإن تاريخ البحث على هاتفك المحمول أو الإنترنت يشكل تهديداً أكبر من شريحة الرقائق الإلكترونية.

تسمح الشرائح الإلكترونية لحامليها بإجراء عمليات الشراء في السوق الخاصة بهذه التقنية، بالإضافة إلى فتح الأبواب والسيارات وتسجيل الدخول إلى أجهزة الكمبيوتر وعمل نسخ، ويمكن اعتبارها كخيار آخر لدفع المال وتحديد الهوية كالباسبور. ومن التطبيقات المهمة والتي تستدعي التفكير ملياً باستخدام الشرائح الإلكترونية القابلة للزرع في جسم الإنسان ما حدث في آسيا، والذي اعتبر كارثة إنسانية (تسونامي) وذلك في 26 ديسمبر 2004، مما أسفر عن عدد غير مسبوق من الجثث التي يتعين معالجتها من قبل المسؤولين على التعرف على ضحايا الكوارث (Disaster Victim Identification, DVI). وهذا وحده يتطلب نظام تحديد ووضع علامات لتمكين الفريق من العثور على الجثث في أماكن التخزين المختلفة بمجرد تحديد هويتها في الأسابيع والأشهر القادمة. وقد لوحظ أن إجراءات الوسم التقليدية لم تكن موثوقة على الدوام كما هو مطلوب.

كما لوحظ أيضاً أن الكتابة بالقلم المضاد للماء على أكياس الجثث البلاستيكية البيضاء لم تكن دائماً ثابتة، وقد يكون السبب بذلك أن هناك عدداً من الأجسام التي يتم تحنيطها في محاليل من الفورم الدهيد أو المعقمات، وهذا بدوره يؤدي إلى إزالة الكتابة على أكياس الجثث. إضافة إلى ذلك، لم تكن طريقة التخزين المنظمة ممكنة دائماً بسبب الأعداد الكبيرة للجثث وتخزينها على مقربة من بعضها في مكان التخزين البارد، مما يجعل من المستحيل عملياً الوصول إليها وقراءة الحروف على أكياس الجثث؛ لذا بدأ التفكير في وضع رقائق إلكترونية (Radio-Frequency Identification, RFID) في الجثث بهدف التعرف على هذه الجثث بشكل أسرع ومنظم (الشكل 4)، وهذا ما عكف مايير وزملاؤه على دراسته في بحوثهم.

الشكل 4. قارئ الرقاقة الإلكترونية.

ولعل من أهم عيوب الشرائح الإلكترونية RFID التي تعتمد على الموجات الراديوية في التواصل، أن الموجات الراديوية تميل إلى التلاشي أثناء مرورها عبر الجسم، وبالتالي يؤدي هذا الأمر إلى صعوبة التواصل معها أو تأمين الطاقة لها من مصدر خارجي في حال الضرورة، وقد ابتكر الباحثون نظاماً أسموه (In-Vivo Networking, IVN) للتغلب على ذلك؛ يعتمد هذا النظام على مجموعة من الهوائيات التي تبث موجات لاسلكية بترددات مختلفة قليلاً، ومع انتقال موجات الراديو، تتداخل بطرق مختلفة في نقاط معينة موفّرة طاقة كافية لتشغيل أجهزة الاستشعار المزروعة.

ومن أهم التطبيقات الطبية للشرائح الإلكترونية التي تستخدم التواصل بتقنية IVN في عملها:

- توصيل الأدوية الخاضعة للرقابة عند وضعها داخل الحبوب الذكية لعلاج أمراض مثل الملاريا أو الزهايمر.
- قياس حالة الأعضاء والأنسجة مثل الضغط والجلوكوز وميكروبات الأمعاء، وإرسال البيانات إلى العالم الخارجي.
- علاج أمراض مثل باركنسون أو الصرع عند دمجها مع محفزات الدماغ العميقة.

لا يحتاج الباحثون إلى معرفة الموقع الدقيق لأجهزة الاستشعار في الجسم مع هذا النظام الجديد، حيث تنتقل الطاقة عبر مساحة كبيرة؛ وهذا يعني أنه يمكنهم تشغيل أجهزة متعددة في وقت واحد، وفي الوقت نفسه الذي تتلقى فيه أجهزة الاستشعار دفعة من الطاقة، تتلقى أيضاً إشارة تخبرها بترحيل المعلومات إلى الهوائي. وقد أظهر الباحثون في الاختبارات التي أجريت على الخنازير أنهم يستطيعون إرسال الطاقة من مسافة تصل إلى متر خارج الجسم إلى جهاز استشعار بعمق 10 سم في الجسم. وإذا كانت أجهزة الاستشعار قريبة جداً من سطح الجلد، فيمكن تشغيلها من مسافة تصل إلى 38 متراً. يعمل الباحثون الآن على جعل توصيل الطاقة أكثر كفاءة ونقلها عبر مسافات أكبر. ويقول الباحثون إن هذه التقنية لديها القدرة أيضاً على تحسين تطبيقات RFID في مجالات أخرى.

التحديات في تنفيذ RFID لدى منظمات الرعاية الصحية

على الرغم من أن تقنية شرائح التعريف الرقمية التي تعمل بالأشعة الراديوية موجودة في السوق منذ أكثر من بضعة عقود، إلا أن هناك العديد من العوامل الصعبة التي يجب معالجتها قبل التنفيذ الواسع النطاق والفعال لهذه التكنولوجيا في قطاع الرعاية الصحية. يمكننا هنا عرض بعض التحديات البارزة التي يمكن أن تواجهها قبل التطبيق في مجال واسع:

التكلفة (من أجل الصيانة والاختبار): على الرغم من أن الشرائح الرقمية أحدثت ثورة في الفترة الأخيرة من خلال استخداماتها الواسعة، إلا أنه ما تزال العديد من المؤسسات والشركات تتردد في تطبيقها في مجال واسع من وجهة نظرها، إذا ما تزال صيانة البرامج والتجهيزات والحفاظ عليها لفترة أطول مكلفة رغم الانخفاض الكبير في سعر هذه الشرائح منذ أن طرحت في الأسواق.

مشكلة استخدامها مع المعدن والسوائل: إذ تستخدم الشرائح الرقمية الموجات الكهرومغنطيسية كوسيلة للتواصل. وعلى الرغم من استخدامها لأحدث التقنيات، إلا أنها لا تعمل بكفاءة من خلال المعادن أو السوائل لأنها تمنع انتشار الموجات الكهرومغنطيسية.

الصعوبة في التدريب: بالرغم من تطبيقها في الولايات المتحدة الأمريكية منذ فترة لا بأس بها، إلا أن العديد من الدول الناشئة تجد صعوبة في التأقلم مع هذا المكون الجديد من حيث التجهيزات والتدريب.

قضايا أخلاقية: المشكلة الرئيسية هي انتهاك الخصوصية، وقد تحدثنا مسبقاً عن هذه النقطة وأهميتها، حيث يمكن لأي شخص يستخدم جهاز القارئ للشريحة الإلكترونية RFID الوصول إلى بيانات المريض، وهناك خطر كبير من المحتالين لإساءة استخدام البيانات الطبية الحساسة. ويمكن أن يتم زرع هذه الرقائق في شخص ما بطريقتين مختلفتين، إما كعلامة خارجية يتم ارتداؤها أو زرع رقاقة تحت الجلد بطريقة أخرى. وتعد موافقة الفرد مهمة في كلتا الحالتين. وبالرغم من كل هذا، لا يمكن لهذه الموافقة وحدها ضمان السلامة من أي من الآثار السلبية الناجمة عن زرع الشرائح الكهرومغنيطيسية، وبالتالي فإن هذه التكنولوجيا ستقلل من حرية الناس في المجتمع على المدى البعيد.

المجال الضيق للترددات المستخدمة في الشريحة: والذي تحدثنا عنه سابقاً، حيث قارن العديد من الباحثين هذه التقنية بأجهزة Wi-Fi وأجهزة الراديو FMCW الأخرى، ونوهوا بأن مجال النطاق الترددي للشرائح الإلكترونية محدود جداً. وهذا قد لا يكون كافياً لتتبع الإشارات الحيوية باستخدام هذه الشرائح الرقمية.

زرع الرقاقة للاستخدامات الصحية: هناك القليل من الأبحاث التجريبية التي درست الشرائح الرقمية بشكل مفصل، ولا تزال مثل هذه الأبحاث في مهدها، وبالتالي قد يستغرق اعتماد التقنيات الحديثة على نطاق واسع بعض الوقت.

الحساسات والرقائق الإلكترونية القابلة لارتدائها مع الملابس

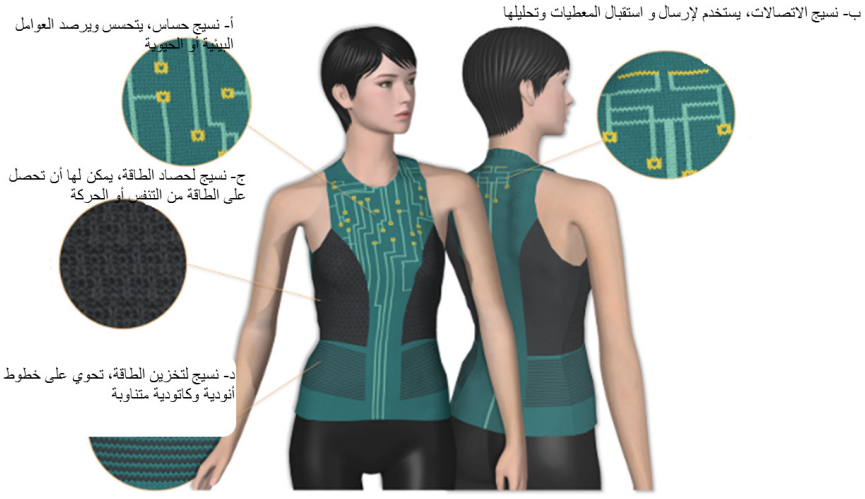
تجذب المنسوجات الموصلة القابلة للارتداء انتباهاً واسعاً في مجال البحث العلمي لما لها من أهمية، حيث يمكن استخدامها لتخزين الطاقة وأجهزة استشعار الإجهاد وأجهزة الرعاية الصحية. والمنسوجات الإلكترونية أو الملابس الذكية هي فرع من التقنيات القابلة للارتداء التي حظيت باهتمام كبير؛ نظراً لإمكانياتها الهائلة في دمج الأجهزة الإلكترونية ومخازن الطاقة والهوائيات مع هذه المنسوجات، حيث تتيح هذه التكنولوجيا تطوير الأجهزة القابلة للارتداء من الأجيال الجديدة وإمكانية التواصل معها من خلال الاتصالات اللاسلكية والمراقبة الصحية، إضافة إلى الأجهزة التي ينبعث منها الضوء. ويمكن أن يجد هذا النوع من المنسوجات أو الملابس المعدلة إلكترونياً تطبيقاً واسعاً في المدن الذكية والمناطق النائية والاتصالات والصناعات الحيوية.

يعدّ نسيج القطن من أكثر الأقمشة والمواد استخداماً في المنسوجات والملابس، لأنه يمتلك مرونة فريدة ومسامية عالية مما يجعل القماش القطني مريحاً مقارنة بالأقمشة الاصطناعية الأخرى. والأهم من ذلك، تمتلك التركيبة الكيميائية لنسيج القطن العديد من مجموعات الهيدروكسيل النشطة، مما يجعل هذا القماش سهل الترسيب عليه والتحسين أيضاً من خلال التصاق المواد الفعالة عليه وتوزيعها، أو تشريبه بالبوليميرات الموصلة.

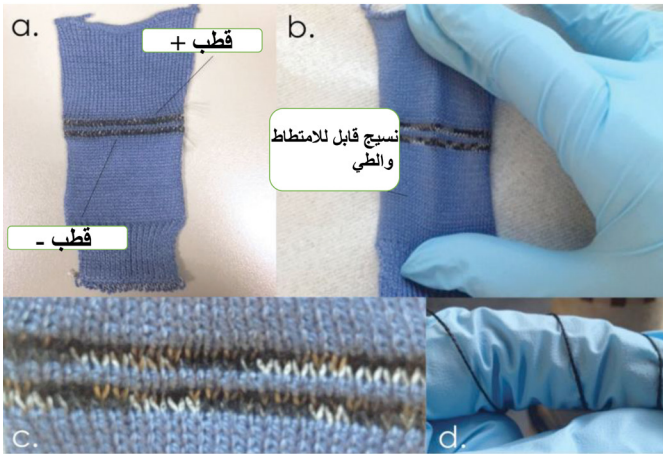
الأقطاب القابلة للارتداء

تجد الإلكترودات (الأقطاب) القابلة للارتداء تطبيقاً واسعاً في الألبسة الرياضية والزي العسكري واللباس والضماد الطبي في وقتنا الحالي، حيث يعمل الباحثون حالياً على دمج المكونات الإلكترونية على أنسجة الألبسة (الشكل 5). وقد استطاعت كريستي جوست وزملاؤها تحميل الكربون المسامي الفعال على ألياف من السيللوز المنسوج لصناعة الأقطاب للحصول على المكثفات الفائقة، حيث رسبوا كمية محددة من الكربون الفعال على خيوط نسيج السيليلوز، ليتبين لهم قدرتها على تخزين الطاقة.

وقد تمت حياكة الخيوط على ماكينة الحياكة شيما سيكي (SSG 122SV V-bed) (الشكل 6). وتمت برمجة عينة صغيرة من القماش على برنامج طلاء النسيج apex-3؛ حيث يتكون كل قطب كهربائي من صفين منسوجين، يتكون كل منهما من خيط طوله ≈48 سم في القطب الواحد. يتم ربط صفين من الخيوط غير الناقلة في منتصف كل قطب ليعمل كفاصل فيزيائي، وقد استخدم لاحقاً إلكتروليت بوليميري لطلي المنسوج بعد التجميع.



الشكل 5. شكل توضيحي لملابس تتضمن الكترودات (أقطاب) محبوكة مع النسيج.



الشكل 6. صور لعينات محبوكة، a) مكثفة فائقة مستوية محبوكة، b) مكثفة فائقة مستوية محبوكة وهي مشدودة، c) صورة مقربة لخطوط قطب محبوكة، d) صورة تظهر مرونة الخيط قبل حياكته من خلال لفه حول الأصبع.

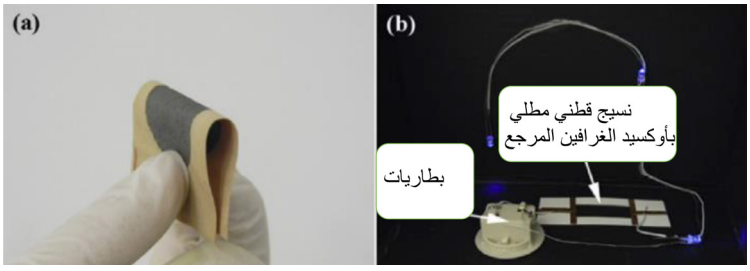
الطابعات النافثة لحبر من الغرافين

تعد الطابعة النافثة للحبر باستخدام أحبار من الجرافين واعدة للغاية، وذلك لاستخدامها في تطبيقات المنسوجات الإلكترونية القابلة للارتداء، حيث يمكننا الحصول على استفادة رائعة جداً من مزايا كل من الطابعة النافثة للحبر والخصائص الإلكترونية والبصرية والميكانيكية غير العادية للجرافين. ومع ذلك، فإن المشكلة الشائعة المرتبطة بالطابعة النافثة للحبر الناقل الموصل على المنسوجات تكمن في صعوبة طباعة مسار ناقل مستمر على سطح منسوج خشن مسامي. وقد عمد عدد من الباحثين إلى تطوير حبيبات نانوية عضوية كحبر قابل للطباعة على سطوح الأقمشة المعالجة مسبقاً مما يتيح لجميع المنسوجات الإلكترونية القابلة للارتداء والمطبوع عليها بأحبار من الغرافين أن تكون مريحة وصديقة للبيئة.

أقمشة قطنية مرنة ناقلة ومطلية بأكسيد الغرافين المرجع

طور رين وزملاؤه حساس إجهاد على قماش قطني ناقل صديق للبيئة ومحضر باستخدام أكسيد الغرافين المرجع عند ضغط حار، وقد أظهر نسيج القطن الموصل قابليته للبقاء كحساس للشد حتى بعد 400 دورة انحناء، حيث انتقل التغيير المستقر في المقاومة الكهربائية من ~ 3500 كيلو أوم تحت ضغط الشد إلى ~ 10 كيلو أوم تحت الضغط الانضغاطي. يمكن بسهولة توسيع هذه الطريقة الفعالة من حيث التكلفة وصداقتها للبيئة لتشمل إنتاجاً بشكل أكبر وموسع من الأقمشة القطنية الموصلة المرنة المطلية بأكسيد الغرافين المرجع.

يظهر النسيج القطني المطلي بأكسيد الغرافين المرجع مرونة وانحناء جيدين (الشكل a7). كما قيست مقاومة الصفيحة للنسيج المطلي بأكسيد الغرافين المرجع بطريقة المسبار ذي النقاط الأربع القياسي وكانت ~ 0.9 كيلو أوم/م^2، في حين كانت مقاومة صفيحة النسيج المطلي بأكسيد الغرافين أعلى من 1000 كيلو أوم/م^2، وهو الحد الأعلى العالي للأداة؛ لذا يمكن استخدام النسيج القطني المطلي بأكسيد الغرافين الناقل كوصلة للترابط البيني في الدارات الإلكترونية.



الشكل 7. صور لقماش قطني ناقل مطلي بأوكسيد الغرافين والمحضر تحت ضغط حار على درجة حرارة 180 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة، a) يمكن طيه بسهولة، b) إضاءة الليدات باستخدام بطاريتين 1.5 فولت.

نستطيع القول في النهاية بأنه بحلول عام 2025، سيكون هناك أربع تقنيات من المحتمل أن يكون لها تأثير اقتصادي كبير هي: الإنترنت المتنقلة وأتمتة العمل المعرفي وإنترنت الأشياء والسحابات الإلكترونية، كما تشكل هذه التقنيات المتنوعة الأساس للرعاية الصحية التي ستكون متاحة للجميع بغض النظر عن الزمان والمكان. وسيكون للأنظمة التي تعمل على تقديم خدمات الرعاية الصحية في أي وقت وأي مكان أثر على علاج الأمراض المزمنة وكذلك الحفاظ على الحياة الصحية والمستقلة وتشجيعها، ويجب أن تكون الحساسات القابلة للارتداء مرنة مادياً وتقنياً لتمكين مراقبة الأهداف في بيئتها الطبيعية، وأن تكون لديها القدرة على توفير سيلٍ غنيٍّ من المعلومات التي يمكن أن تغير ممارسة الطب. وقد حققت تقنيات المراقبة الشخصية Google Glass و Fitbit و FuelBand+Nike على مدى السنوات الخمس الماضية قفزة نوعية، ويعدُّ هذا جزءاً من التحرك الأكبر نحو إنترنت الأشياء. وفي الوقت الذي تصبح فيه أجهزة الاستشعار أكثر ذكاءً وأكثر انتشاراً، وتتيح مراقبة أكثر شمولية، يجب عندئذٍ أن يؤدي توفر مجموعة البيانات التي تم جمعها إلى فهم أفضل للعمليات الصحية، مما يؤدي في النهاية إلى علاجات ونتائج صحية أفضل.

تمثل حالياً النظارات الذكية وأجهزة تتبع اللياقة البدنية وأساور المقاييس الحيوية بداية السوق الاستهلاكية، وتستفيد الأبحاث الطبية الحيوية أيضاً من الحساسات القابلة للارتداء وذلك لإجراء دراسات المواضيع المتعلقة بالبشر والحيوانات في بيئتها الطبيعية. كانت هناك حالات ناجحة عديدة، حيث انتقلت التقنيات خارج العيادة لمراقبة المرضى الذين يمارسون حياتهم اليومية على مدى فترات طويلة، ولعل أبرزها جهاز Holter ECG للكشف عن عدم انتظام ضربات القلب.

المراجع

- Abugabah A, Nizamuddin N, Abuqabbeh A (2020). A review of challenges and barriers implementing RFID technology in the Healthcare sector. Procedia Computer Science170: 1003-1010.
- Duroc Y, Tedjini S (2018). RFID: A key technology for Humanity. Comptes Rendus Physique 19(1): 64-71.
- Fram BR, Rivlin MD, Beredjiklian PK (2020). On emerging technology: What to know when your patient has a microchip in his hand. The Journal of Hand Surgery 45(7): 645-649.
- Karim N, Afroj S, Malandraki A et al. (2017). All inkjet-printed graphene-based conductive patterns for wearable e-textile applications. Journal of Materials Chemistry C 5(44): 11640-11648.
- Meyer HJ, Chansue N, Monticelli F (2006). Implantation of radio frequency identification device (RFID) microchip in disaster victim identification (DVI). Forensic Science International 157(2-3): 168-71.
- Jost K, David PD, Luke MH et al. (2015). Natural Fiber Welded Electrode Yarns for Knittable Textile Supercapacitors. Advanced Energy Materials 5(4): 1401286.
- Ren J, Wang C, Zhang X et al. (2017). Environmentally-friendly conductive cotton fabric as flexible strain sensor based on hot press reduced graphene oxide. Carbon 111: 622-630.

› تأليف: **د. جمال عامر**، قسم الكيمياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحويل إناث البعوض إلى ذكور غير قادرة على اللسع وهذا له تبعات تتعلق بمكافحة البعوض

برهن الباحثون أنه بإمكان مورثة واحدة تحويل إناث البعوض المصري *Aedes aegypti* إلى ذكور خصبة، كما تعرفوا على مورثة تحتاجها ذكور البعوض من أجل الطيران.

إن ذكور البعوض لا تلسع وهي بذلك غير قادرة على نقل ممرضات الإنسان، إلا أن إناث البعوض لديها المقدرة على اللسع.

تحتاج إناث البعوض المصري *A. aegypti* إلى الدم كغذاء من أجل إنتاج البيوض، وهذا يجعلها الحامل الأساسي للجراثيم التي تتسبب بأمراض حمى زيكا Zika ودينغيو dengue عند الإنسان.

"إن وجود موقع M المحدد للذكورة يؤسس لظهور جنس الذكر لدى البعوض المصري *A. aegypti* ويتم توريث الموقع M هذا عن طريق الذكور الحديثة الولادة، تماماً كما هي الحال في حالة الصبغي Y عند الإنسان". كما صرح زهيجيان تو Zhijian Tu، البروفسور في قسم الكيمياء الحيوية في كلية الزراعة وعلوم الحياة.

وأوضح زهيجيان أنه يمكن لمورثة نيكس بمفردها تحويل الإناث إلى ذكور خصبة من خلال إدخال المورثة نيكس Nix –وهي مورثة تحدد تشكل جنس الذكر وتقع على الموقع M لدى البعوض المصري– إلى منطقة من الصبغي معروف أنه يمكن توريثها للإناث. وقد يكون لهذه النتيجة تأثيرات فيما يتعلق بتطوير تقنيات مستقبلية لمكافحة البعوض. وقد نشرت هذه النتائج في مجلة Proceedings of the National Academy of Sciences. كما اكتشف آزاديه آريان Azadeh Aryan –باحث في مخبر Tu والاسم الأول في المقال–مورثة أخرى تدعى ميو– سيكس myo-sex ضرورية لتمكين ذكور البعوض من الطيران. يلقي هذا العمل الضوء على الأساس الجزيئي لوظيفة المنطقة M من الصبغي، والتي تحتوي على 30 مورثة على الأقل.

قام آريان وزملائه بعد ذلك بتخليق generation وتوصيف خطوط lines متعددة من البعوض المحوَّر وراثياً الذي يعبر عن نسخة إضافية من مورثة نيكس وذلك باستعمال المحضض الخاص بها، ثم قاموا برسم الخريطة الصبغية للجزء المدخل المعبر عن النسخة الإضافية لمورثة نيكس. تبين أن التحويل الجنسي الذي تسببه المورثة نيكس كان عميقاً ومستقراً على مدى أجيال عدة في المخبر، وهذا يعني أن هذه الصفات سيتم توارثها لعدة أجيال قادمة.

مع أن مورثة نيكس كانت قادرة على تحويل إناث البعوض إلى ذكور، إلا أن تلك الذكور المتحولة لم تكن قادرة على الطيران حيث إنها لم ترث مورثة ميو– سيكس التي تتوضع على الموقع M أيضاً.

أكدت لنا إزالة مورثة ميو– سيكس من الذكور البرية للبعوض أن عدم وجود هذه المورثة لدى الذكور المتحولة عن إناث هو السبب وراء عدم قدرتها على الطيران. ومع أن القدرة على الطيران أمر ضروري للتزاوج إلا أن الذكور المحولة جنسياً عن إناث كانت قادرة على إنجاب ذرية محولة جنسياً عندما سُهِّلت لها عملية التزاوج مع إناث برية مخدرة بالتبريد؛ أي أن الذكور لم تكن بحاجة إلى الطيران لتلتقي وتتزاوج مع تلك الإناث.

"تمتلك مورثة نيكس أفقاً في مجال تطوير استراتيجيات مكافحة البعوض عن طريق تخفيض مجتمعات العائل من خلال تحويل الإناث إلى ذكور، أو للمساعدة في تطبيقات تقنية الذكور العقيمة، والتي تتطلب إطلاق الذكور فقط كونها غير قادرة على اللسع"، كما قال جيمس بيدلر James Biedler، عالم الأبحاث في مخابر تو.

تستهدف الطرائق الوراثية التي تعتمد على التزاوج في مكافحة البعوض نوعاً محدداً بعينه من البعوض، وفي هذه الحالة يستهدف فريق تو البعوض المصري *A. aegypti*، وهو نوع اجتاح الأمريكيتين منذ عدة مئات من السنين ويشكل خطراً على الإنسان ولكننا بحاجة إلى المزيد من الأبحاث قبل أن نتمكن من إنتاج خطوط من الأنواع المحورة وراثياً والتي يمكن لنا استعمالها في اختبارات أولية في أقفاص مخبرية. ويقول أديلمان Adelman: "إن أحد التحديات هو إنتاج خطوط محورة من البعوض يمكنها تحويل الإناث إلى ذكور خصبة وقادرة على الطيران وذلك عن طريق إدخال مورثتي نيكس وميو- سيكس معاً إلى جينوم هذا البعوض".

يرغب فريق تو في المستقبل في استكشاف الآلية التي تحفز من خلالها مورثة نيكس مسار تحول الإناث إلى ذكور. كما أن الفريق مهتم أيضاً في التعرف على الآلية التي يتطور من خلالها هذا التحول ضمن أنواع من البعوض تنتمي لنفس الجنس الواحد.

قال تو: "لقد وجدنا أن مورثة نيكس موجودة لدى أنواع بعوض أخرى تنتمي للجنس *Aedes*. ويبقى السؤال هو كيف تطورت هذه المورثة والموقع المحدد لجنس الحشرة عند البعوض؟".

ترجمة : د. إياد غانم، هيئة الطاقة الذرية السورية.

https://www.sciencedaily.com/releases/2020/07/200714144730.htm.

استكشاف الكيفية التي يمكن من خلالها لسم العقرب المساعدة في علاج الأزمات القلبية

يكتشف العلماء أدوية يحتمل أن تنقذ من الموت من مصادر غير متوقعة؛ وهي سموم مخلوقات كالأفاعي والعناكب والعقارب. يحتوي سم العقرب، بشكل خاص على ببتيد يمتلك تأثيرات مفيدة على النظام الوعائي القلبي عند الجرذان التي تعاني من ارتفاع التوتر الشرياني. يقول الباحثون حالياً أنهم يعرفون أكثر عما يحصل ضمن هذا النظام.

إن سم العقرب يمتلك مزيجاً معقداً من الجزيئات الفعالة حيوياً من بين جزيئات أخرى عديدة. وبالرغم من كون السم مؤلماً جداً لسيئي الحظ أولئك الذين يتعرضون للسعة العقرب، إلا أن المركبات التي تشكل هذا السم، إذا ما عزلت بشكل منفرد عن بعضها، وأعطيت بجرعات مناسبة، قد يكون لها فوائد صحية مذهلة. إن أحد المركبات الواعدة هو ثلاثي الببتيد KPP (مؤلف من الأحماض الأمينية "لايسين–برولين–برولين")، وهو قطعة من سم عقرب أكبر حجماً. وقد تبين أن KPP يتسبب في توسع الشرايين مما يتسبب في انخفاض الضغط الشرياني لدى الجرذان التي تعاني من ارتفاع في ضغطها الشرياني. لقد أراد ثياغو فيرانوبراغا Thiago Verano-Braga وزملاؤه معرفة ما هو التأثير الذي يمارسه الببتيد KPP على خلايا عضلات القلب. ويمكن لهذه المعرفة أن توضح التأثيرات المفيدة لهذا الببتيد.

لقد عامل الباحثون عضلة قلب من فأر في طبق بيتري بالببتيد KPP وقاسوا مستويات البروتين التي جرى التعبير عنها في أوقات مختلفة بعد المعاملة باستعمال تقنية مطيافية الكتلة، ووجدوا أن KPP ينظم التعبير عن بروتينات ترتبط بالموت الخليوي وإنتاج الطاقة وانقباض العضلات وحركية إنتاج البروتينات. إضافة إلى ذلك، حرَّض ببتيد العقرب فسفرة بروتين لدى الفأر يدعى AKT، مما أدى إلى تفعيل هذا البروتين إضافة إلى بروتين آخر ذي علاقة بإنتاج أكسيد النتريك، وهو موسع وعائي. كما تسببت المعاملة بالببتيد KPP في إزالة الفسفرة عن بروتين يدعى فوسفولامبان، مما أدى إلى نقص في انقباض خلايا عضلة القلب. من المعروف أن كلاً من بروتيني AKT وفوسفولامبان يحميان نسيج عضلة القلب من الأذية الناجمة عن نقص الأكسجين. وتشير هذه النتائج إلى أنه يجب إجراء المزيد من الدراسات حول ببتيد KPP باعتباره نواة دواء محتمل للأزمات القلبية والمشاكل الوعائية الأخرى، كما يقول الباحثون.

ترجمة : د. إياد غانم، هيئة الطاقة الذرية السورية.

https://www.sciencedaily.com/releases/2020/07/200715123145.htm.

تصنيع حرير العنكبوت من قبل بكتريا قادرة على التمثيل الضوئي

يمتاز الحرير المشتق من الأنواع المفصلية الأرجل بصلابتها وخفة وزنها إضافة إلى قابليتها للتحلل الحيوي، خصوصاً أن حرير العنكبوت خفيف للغاية وصلب كالفولاذ إذ يمكن استخدام حرير العنكبوت في تصنيع مواد عالية الأداء والتحمل مثل الأقمشة التي لا تتمزق وأجزاء السيارات ومكونات مركبات الفضاء. ويوضح Choon Pin Foong من مركز علوم المصادر المستدامة CSRS في اليابان، الذي أجرى الدراسة، «أن التوافق الحيوي لهذا الحرير يجعله آمناً في التطبيقات الحيوية الطبية مثل أنظمة توصيل الدواء والطعوم وهندسة الأنسجة». ويتابع Pin Foong «ونظراً لأنه يمكن الحصول على كميات ضئيلة جداً (أثر) من عنكبوت واحد، ونظراً لصعوبة تربية أعداد كبيرة من العناكب، فقد أجريت محاولات لإنتاج حرير عنكبوت صناعي في كائنات حية عديدة».

ركز المركز المذكور على بكتريا *Rhodovulum sulfidophilum*؛ وهي بكتريا بحرية قادرة على التمثيل الضوئي. وهذه البكتريا مثالية لتأسيس معمل حيوي مستدام لأنها تنمو في ماء البحر وتحتاج إلى ثاني أكسيد الكربون والنتروجين من الجو كما أنها تستعمل الطاقة الشمسية وكلها وفيرة ولا تنضب.

هندس الباحثون البكتريا وراثياً لتنتج بروتين MaSp1 وهو المكون الأساسي في خيط التعليق لعنكبوت نيفلا Nephila (الخيط الذي يصل بين شبكة العنكبوت والمكان الذي يهرب إليه)، والذي يعتقد أنه يؤدي دوراً أساسياً في قوة حرير العنكبوت. وأدت أمثلة تسلسل المورثة التي أدخلت إلى جينوم البكتريا إلى مضاعفة كمية الحرير التي يمكن إنتاجها. كما وجد الباحثون أن وصفة بسيطة (من ماء البحر الصنعي وملح بيكربونات وغاز النتروجين ومستخلص خميرة والتشعيع بالأشعة تحت الحمراء) تسمح لبكتريا *R. sulfidophilum* بالنمو بشكل جيد وتنتج بروتين الحرير بفعالية. وأكدت الاختبارات الإضافية أن السطح والبنية الداخلية للألياف المنتجة في البكتريا كانت شبيهة جداً للألياف المنتجة طبيعياً من قبل العناكب.

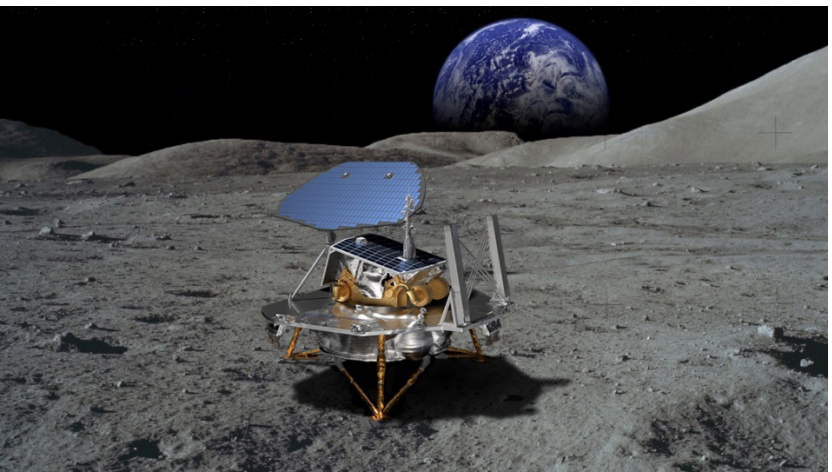
يذكر البروفسور Numata قائد الفريق البحثي أن الدراسة الحالية أكدت المفهوم الأساسي بإمكانية إنتاج حرير العنكبوت في بكتريا قادرة على التمثيل الضوئي. ويجري حالياً العمل على إنتاج بروتين حرير خيط العنكبوت بكميات كبيرة وأوزان جزيئية عالية باستخدام هذا النظام.

ويتابع البروفسور Numata أن وجود معامل خلوية بكتيرية قادرة على التمثيل الضوئي وتنتج مواد حيوية قابلة للتحلل الحيوي عن طريق عمليات حيوية للكربون يمكن أن تساعد في تحقيق بعض من أهداف التطوير المستدام والذي تبنته الأمم المتحدة مثل الهدف 12 (الاستهلاك والإنتاج المعقول) والهدف 13 (الإجراء المناخي). ونتائج البحث الحالي سوف تساعد في تقديم حلول عملية للطاقة وأزمة المياه والغذاء ومشاكل النفايات الصلبة وارتفاع الحرارة العالمي global warming.

ترجمة : د. بسام الصفدي، هيئة الطاقة الذرية السورية.
https://www.sciencedaily.com/releases/2020/07/200708105955.htm.

وقود تريزو
ومسرع على القمر
وملجأ نووي فاخر
على الأرض

يتكون وقود تريزو –Triso: TRIstructural ISOtropic موحد الخواص التكرارية– من مزيج من الأكسجين واليورانيوم المنخفض التخصيب، محاط بقشرة من الغرافيت وكربيد السليكون؛ وقد ظهر تصميمها في نحو ستينيات القرن العشرين على شكل كرات بحجم بذرة الخشخاش، لكن تصنيعها كان مكلفاً جدّاً، ولا يلبي المتطلّبات العالية لمحطات الطاقة النووية. ويأمل الباحثون أن تنجح هذه الكرات في جعْل المحطات النووية منيعة ضد الانهيار بالحيلولة دون انصهار اليورانيوم، حتى عند بلوغ حرارته الدرجة 1760 سلزيوس، وهي درجة تفُوق بكثير متوسط درجات الحرارة في المفاعلات النووية التي تتراوح بين الدرجة 540-1100 سلزيوس. كما أن وضع اليورانيوم في غلاف واق سيخفض تكلفة التحكم بالمفاعلات التقليدية التي تعتمد على «قضبان التحكم». وقال بول ديمكوفيتش Paul Demkowicz، مدير برنامج تطوير مجال المفاعل الغازي التقدمي وتأهيله التابع لمختبر أيداهو الوطني في تصاميم المفاعلات الحديثة: «يستحيل تجاوز درجات الحرارة تلك؛ لأن المفاعل يتوقف عند بلوغها، فإذا جمعتَ بين هذه التصاميم ووقود يتحمل تلك الدرجات، يصبح لديك مفاعل مقاوم للحوادث». وأضاف جول دولنج Joel Duling، رئيس فريق العمليات النووية التابع لشركة «بي دبليو إكس تي» التي تصنع الكرات، قائلاً: «لم تَعد مضطراً لبناء تلك الأوعية الضخمة التي تكلف مئات ملايين الدولارات لكل مفاعل، لأن محتوى الوعاء يتسنى وضعه في الوقود ذاته؛ أي تستطيع صنع مفاعل تَسَعه حاوية بضائع، ويكون في الوقت ذاته آمناً أمان المفاعلات التجارية التقليدية». وقد استُعملت هذه الكرات بالفعل في بعض شركات الطاقة النووية الناشئة، وفي العام الماضي تعاقدت الشركة مع مختبر أوك ردج الوطني التابع لوزارة الطاقة الأمريكية، لإنتاج وقود لمفاعلات نووية مطبوعة طباعة ثلاثية الأبعاد. وثمة شركة تُدعى إكس–إنرجي، تستعمل وقود تريزو بالفعل في «كرات طاقة» بحجم كرات البلياردو داخل مفاعلها الجديد الذي يولِّد 75 ميجا واط. وقال كلاي سيل Clay Sell، الرئيس التنفيذي لشركة إكس–إنرجي: «محال فيزيائيّاً أن ينصهر تريزو في مفاعل؛ وعندما تبدأ عَمليتك أصلًا بمفاعل لا ينصهر، تتغير درجة أمانها وسلامتها تغيراً كبيراً».



ومن جهة أخرى، يدعو نيكولاي زايتسيف Nikolay Zaytsev الباحث في فيزياء الطاقة العالية إلى استعمال القمر لإجراء أبحاث فيزياء الجسيمات. ومع أنه اقتراح رائع، فهو يحمل تحدياً لوجستياً؛ إذ لم يسبق للبشر بناء

أي شيء على القمر، فما بالك بمسرع جسيمات. وقد أوضح زايتسيف أن القمر يتمتع بالعديد من الظروف الملائمة لإجراء تجارب التصادم؛ تشمل درجات الحرارة الشديدة الانخفاض (73– سلزيوس في الليل) الضرورية للمغانط الفائقة التوصيل التي تزيد من سرعة الجسيمات ولتبريد الكواشف مما يخفض من التشويش، فضلاً عن خلوه من الهواء؛ إذ يعادل الخلاء على القمر 10 أضعاف الخلاء في أي جهاز تخلية قد توصل إليه العلماء على الأرض، والذرات المتناثرة التي تشكل تحدياً على الأرض. وتصور زايتسيف تجارب من شأنها تحويل القمر إلى مسدس أشعة عملاق موّجه نحو الأرض. إذ إن القمر مقيد مديّاً؛ أي أن القمر يطل دائماً على الأرض بالوجه نفسه، فمن الممكن نظرياً بناء منشأة على سطحه تبث أشعة كونية باستمرار أو حتى نيوترينوات – وهي جسيمات متملصة يرجح أن ترتبط بمادة مظلمة– إلى مستقبلات على الأرض. تبقى هذه مجرد تكهنات، لكن نجاحها يعني حصول العلماء على وسيلة أفضل لدراسة النيوترينوات والأشعة الكونية عوضاً عن انتظار وصولها إلى الأرض.

سنحت الفرصة مؤخراً للمحررة كلير رايلي Claire Reilly من موقع سي نت للقيام بجولة حصرية في ملجأ نووي بالغ الفخامة معد للاختباء من شتاء نووي محتمل. وقد كانت شقة النجاة "سرفايفل كوندو" Survival Condo هذه ملجأ قديماً ضد الكوارث، ثم حولت إلى مجمع شقق فخمة مكون من 15 طابقاً يصل عمقه إلى 61 متراً تحت الأرض، ويبعد 321 كيلومتر عن مدينة كانساس. وقد شيد الملجأ خلال الحرب الباردة، ثم أعيد تأهيله بجدران خرسانة مسلحة يبلغ عرضها 2.7 متراً، ما يمكنها من الصمود أمام قنبلة نووية بطاقة 12 كيلوطن حتى إن سقطت على بعد 800 متر من الملجأ. تستمد مرافق الملجأ طاقتها من خمسة مصادر، منها عنفة رياح على السطح. ويحصل السكان على الفواكه والخضروات من نظام زراعة ينتج مخزوناً مستداماً.

يقدر سعر الشقة في الملجأ بمليون دولار، يضاف إليه 2500 دولار شهرياً، ويمكن للسكان التمتع بكافة مرافق الملجأ، ومنها بركة السباحة الكبيرة الحجم والمجهزة بزلاجة مائية وجدار هواة التسلق وميدان للرماية والغرف الدراسية والمكتبة والسينما.

ترجمة : د. عبد الغفار اللافي، هيئة الطاقة الذرية السورية.

https://www.wired.com/story/nuclear-power-balls-triso-fuel/
https://www.livescience.com/build-particle-collider-on-moon.html
https://www.cnet.com/features/inside-the-survival-condo-nuclear-bunker-protecting-the-ultrarich-hacking-the-apocalypse/

براءات الاختراع المسجلة في سورية

ومعدة من قبل باحثين في الهيئة

العنوان	المعدين	رقم وتاريخ القرار
تحضير البوليمير المركب: الحمض السلفوني لبولي إيثر إيثر كيتون – أكسيد المنغنيز واستعماله كمبادل أيوني في تنقية المياه من أيونات العناصر المستقرة والمشعة	د. عبد الغفار اللافي د. جمال العبد الله	رقم (1711) تاريخ (2017/8/3)
حامل بوليميري لمشابه الفرمون ترايمدلور	د. منذر قطان د. محمد منصور د. فاطر محمد ك. هارون القصيري	رقم (3321) تاريخ (2019/12/2)
التمييز النوعي للبن عن بعض المواد ذات المنشأ النباتي التي يغش بها باستخدام معلم بلمرة واحد	د. ناديا حيدر م. عماد النابلسي	رقم (3322) تاريخ (2019/12/2)
الكشف النوعي عن غش الفستق الحلبي بالبازلاء باستخدام تقنية البلمرة PCR على دنا الصانعات الخضراء	د. ناديا حيدر م. عماد النابلسي	رقم (836) تاريخ (2020/03/04)

No. 154
ISSN 1607-985X

Atomic Energy Commission of Syria