

آثار القرائن والبيّنات

بقلم لوثر كوخ

علم الأدلة الجنائية النووية والتجارة غير المشروعة

في عام 1994 وبعد تفتيش منزل مجرم معروف ، عثرت الشرطة في منطقة بادن- فورتمبرغ الألمانية على عينة من البلوتونيوم عن طريق الصدفة. وأظهر التحليل الذي أجري في المعهد الأوروبي لعناصر ما بعد اليورانيوم في كارلزروي ، مزيجا سبيكيًا لا يُستخدم إلا في "القنابل النووية".

لسوء الحظ، لم يكن هذا حادثاً منفرداً. فلدى بنك المعلومات في الوكالة الدولية للطاقة الذرية قوائم لحالات أخرى نتحدث عن مواد نووية أو مشعة أخرى قد تم تهريبها سراً (انظر المخطط البياني المرفق: حوادث الأتجار غير المشروع باليورانيوم والمواد المشعة الأخرى).

أصبح عامة الناس بعد أحداث الحادي عشر من أيلول / سبتمبر يخافون هجمات إرهابية محتملة بوسائل نووية أو ناشرة للإشعاع، ناهيك عن المخاوف التقليدية من انتشار الأسلحة النووية. ومع أن الكميات التي تمّت مصادرتها لحد الآن غير كافية لتصنيع عبوة نووية متفجرة، إلا أنها تكفي لتصنيع أداة لنشر الإشعاع.

وإدراكاً من الوكالة للتحدي العالمي الذي تمثله وسائل نشر المواد المشعة بالنسبة للصحة والسلامة العامة، دعت مجموعة الدول الثماني الصناعية الكبرى (اليابان والولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا وفرنسا وبريطانيا وإيطاليا وكندا وروسيا) إلى "جهود دولية مشتركة لتحديد وقمع عمليات الأتجار غير المشروع وطلبات شراء المواد النووية، وردع مهربيها". يتمثل أحد الإجراءات المتزايدة الأهمية بالتعرف على المادة المصادرة وافتقار أثرها حتى المصدر، وهو موضوع علم جديد يُعرف باسم "الأدلة الجنائية النووية".

خطة العمل

- كثيراً ما نلاحظ نشر مواد مشعة أخرى مجهولة المصدر في البيئة أو امتلاكها بشكل غير قانوني. ويتبع ذلك من:
- حوادث ناجمة عن استخدام مواد تنشر الإشعاعات.
 - الدفن غير القانوني للقنابل أو بقايا نووية.

- تسريب آثار ناجمة عن أنشطة معلنة أو سرية.
- مصادر إشعاع يتيمة.
- مواد نووية عبر طرق منحرفة.
- الأتجار غير المشروع بالمواد النووية أو المشعة الأخرى.

ولدى التحقيق في مثل هذه الحوادث تبرز تساؤلات حول القصد من استخدام هذه المواد ومصدرها. وفي بعض الأحيان الطريق الذي سلكته عملية تهريب المواد غير المرصودة، ولهذا الغرض طوّرت مجموعة العمل الفني الدولية المختصة بالتهريب النووي "خطة عمل نموذجية" تنص على سلسلة من الخطوات يجب اتخاذها لدى العثور على المواد أو مصادرتها. لقد ساعدت الوكالة الدولية والمعهد الأوروبي لعناصر ما بعد اليورانيوم بصورة مشتركة الدول الأعضاء في تنفيذ هذه الخطة من خلال تمارين وتدرّبات على تطبيقها. ونتيجة للتدريب والتطوير الفني، أصبح بمقدور السلطات التنفيذية في تلك الدول الآن تحديد مدى الخطر المهني الذي تمثله المواد النووية المصادرة من حيث تهديدها لعامة الناس. وإذا ما دعت الحاجة فإن العلماء في تلك الدول سيقومون بتصنيف المواد بالاشتراك مع خبراء الأدلة الجنائية النووية في المعهد الأوروبي لعناصر ما بعد اليورانيوم، لاكتشاف الاستخدام المقصود للمواد المصادرة ومصدرها وطريقة تهريبها.

النموذج الجديد

لا يختلف أسلوب التحقيق في المواد النووية أو المشعة الأخرى كثيراً عن نظام الأدلة الجنائية التقليدي. فقبل المحافظة على الدليل أو القرينة، يتخذ المسؤولون الاحتياطات الضرورية لحماية أنفسهم وعامة الناس (مع التنفيذ بإجراءات الحجر المتسلسلة المطلوبة في تلك الدولة) ويتم جمع الآثار (كالألياف والغيار والدنا DNA والبصمات وغيرها) من السطوح الملوثة في مخابر مناسبة.

كيف يمكن لعلم الأدلة الجنائية النووية المساهمة في حل اللغز؟ توّقر الأدلة الجنائية النووية قرائن مهمّة مبنية على أساس أن كل مادة نووية أو مشعة تحتوي على تركيبة نظائر لعناصر كيميائية متداخلة وتتشكل فريد يختلف عن تلك

أدوات التقنيات التحليلية المستخدمة الفضاء النووي			
المصدر	الاستخدام	السمة الإشعاعية	التاريخ
x	x		
		x	x
x	x	x	x
		x	
x			
x			
x			
x		x	x
x			
x		x	x

العناصر الموجودة في الطبيعة. ويعكس نموذج وفرة النظائر عمليات التخصيب والتشعيع في المفاعلات النووية. وبينما يستخدم علم التاريخ الجيولوجي وعلم الكون المبدأ نفسه، فإن علم الأدلة الجنائية النووية يزخر بثروة هائلة من النكليات الصناعية التي يُعَدُّ تشكيلها النووي معروفاً جيداً. وتكشف نسبة النكليات الأب/ الابنة الوقت الذي مرَّ على التفاعل النووي أو أي معالجة كيميائية حدثت لاحقاً. كما تكشف وفرة النكليات المشعة نمط إنتاجها وظروفه.

في عام 1994 صادرت قوات الأمن العام في مطار ميونيخ كمية من البلوتونيوم وزنها 363 غرام. واثارت شكوك بأن تلك المادة كانت "مزورة" أي مركبة من مصادر تم تحديدها سابقاً. وأظهر تحليل جسيمات الأكسيد في مزيج اليورانيوم و البلوتونيوم أن البلوتونيوم تم تشكيله في طيف لطاقة النيوترون لثب بصورة غير اعتيادية. وأثبت ذلك أنهما من العمر ذاته ولم يتم إنتاجهما وتشكيلهما من المصادر المعروفة. ومن خلال مثل هذه المعلومات الأصلية - أي "المنقوشة" ذاتياً على المادة - يتم التعرف على الغرض المقصود منها. ومع ذلك فإنها لا تشير إلى المصدر الجغرافي حيث أنتجت ولكن لحسن الحظ يجب أن تخضع كل المنتجات النووية والمشعة إلى عملية توصيف مكثفة من أجل ضمان النوعية والسلامة. وتجعل ظروف الإنتاج الخاصة بكل مفاعل والمواصفات المختلفة للمادة كل منتج ذا هوية فريدة. ويتم تسجيل هذه المواصفات بشكل منتظم في قاعدة بيانات تسمح لخبراء الأدلة الجنائية بالمقارنة بين المواد الموصّفة وسجل تاريخ المنشأة. وتوفر مثل هذه المقارنة دليلاً قوياً على مصدر المادة الأصلي.

وطبيعي أنه لدى البدء في تحليل ما فإن تاريخ المادة التي هي قيد التحقيق يكون مجهولاً. ونتيجة لذلك يتعين على التحليل بدايةً تحديد بعض المعلومات الأساسية حول المادة ومن ثم التدقيق في سجلات المنشأة أو أي قاعدة بيانات متوفرة ذات صلة. وبتابع مبدأ التشخيص يستبعد المحلل تدريجياً بعض الأماكن المقترحة والمحتملة من خلال الحصول على معلومات وبيانات إضافية حتى يبقى مكان واحد في نهاية الأمر يُظنُّ بأنه المصدر المحتمل لتلك المادة. بكلمات أخرى، إن البيانات التاريخية المتوفرة ذات الصلة بالمادة التي قيد التحقيق هي التي تُسبِّر عملية التحقيق التحليلي.

أدوات الصناعة

يمكن لعلم الأدلة الجنائية النووية الاعتماد على تشكيلة من الطرائق الجزيئية والناجعة. فآلات التحليل والإجراءات المستخدمة في تصنيع المواد النووية والمشعة بالغة الأهمية في الحصول على معلومات من نوعية ماثلة لمقارنتها بالسجلات التاريخية للمنشأة. ويلخص صندوق الأدوات (انظر المؤظن: أدوات تقانات التحليل) أكثر التقانات التحليلية المستخدمة رواجاً. ويتم

تقسيمها إلى مجموعات حسب الأدوات ذات العلاقة بـ:

- قياس وزن المواد وأبعادها، على سبيل المثال حبيبات الوقود.
- تحديد وفرة النكليات الرئيسية، على سبيل المثال، تخصيب اليورانيوم - 235.
- تحليل التركيب الكيماوي.
- وصف البنية الجهرية.
- مقياس الشوائب.

ومن أجل المقارنة بالبيانات التاريخية المتوفرة ولكن المحددة جداً، يتطلب عمل الخبير في الأدلة الجنائية النووية أحياناً تحليلات خاصة مثل خشونة سطح الوقود أو حجم الحبيبة وغيرها.

وكما هو الحال في علم الأدلة الجنائية التقليدي وعلم الكونيات الجغرافية يستخدم الخبراء في الأدلة النووية التحليل الكيميائي وكذلك المجاهر البصرية والإلكترونية. وتكتسب تقانات قياس الطيف الكتلي أهمية خاصة. وبعضها شائع في تحليل أثر العناصر الطبيعية (مثل مصدر الشرر أو قياس الطيف الكتلي المحرّض بالبلازما، أو قياس الطيف الكتلي بالتذرية بالليزر). ولكن في علم الأدلة الجنائية النووية يتم الحصول على المعلومات الحاسمة من قياس التغيرات في وفرة النظائر. فالنكليات ذات الإشعاعية العالية والمحددة، وتقانات قياس الإشعاع، والأهم من ذلك مطيافية أشعة ألفا وغاما تُعد جميعها وسائل مناسبة للتحليل. فالجسيمات، حتى التي تنطوي على نظائر ضعيفة النشاط يتم توصيفها بصورة فعّالة بواسطة الجهريات الإلكترونية بالاشتراك مع قياس الطيف الكتلي بالأيون الثانوي. وتُجمع الآلات المستخدمة ذات الصلة بدقة الفصل المكانية مع حساسية عالية للرصد الكيميائي إضافة إلى دقة الفصل الكتليّة (النظائرية) العالية.

حالات في صميم الموضوع

توضح حادثتان سابقتان تم تحليلهما في المعهد الأوروبي لعناصر ما بعد اليورانيوم موجودتان في قاعدة بيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية استخدام الأدلة الجنائية النووية. ففي أولم في

حوادث النقل المحظور المواد النووية والنشطة إشعاعياً



للطاقة الذرية في إنشاء شبكة مختبرات دولية تقدم الخدمة للدول الأعضاء في الوكالة في مجالات توصيف المواد المجهولة والتعرف عليها. وسيكون باستطاعة العلماء المضي إلى مختبرات الشبكة بغية مراقبة التحقيقات الخاصة بالمواد التي تمت مصادرتها في بلدهم.

تلعب البيانات التاريخية دوراً حيوياً في تحديد مصدر المواد ولما كان الوصول إلى مثل هذه المعلومات محدوداً نظراً للعوائق القانونية والحساسية التجارية أو المخاوف الأمنية. فقد اقترح ترتيب شبكة من بنوك المعلومات لأغراض الاستفسار فقط ويتم توجيه الفحوص التحليلية عبر الشبكة إلى أن يُظهر النتائج تطابقاً مع معلومات موجودة في قاعدة البيانات. وليس المهم إعلان النتائج على الملأ ما دام آخر مالك قانوني للمادة المصادرة يستطيع التعرف عليها وسد الثغرة القائمة.

لوثر كوخ: عمل مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية خبيراً في مجال الاتجار النووي غير المشروع. تقاعد في الفترة الأخيرة كرئيس لأحد الأقسام في المعهد الأوربي لعناصر ما بعد اليورانيوم في كارلزروه - ألمانيا. E-mail: koch.weingarten@t-online.de

ألمانيا عتزت الشرطة على 202 حبيبة مشعة في خزنة أمانات أحد البنوك بشكل الحبيبات عرقها كوقود نووي لتفاعل من النوع الذي يعمل بالماء الخفيف. وأظهر التحليل وجود تخصيب لليورانيوم-235 بنسبة 4.38% ما أشار إلى أن القصد منها كان إعادة تحميلها. وقد اتفقت الشواهد مع مواصفات منشآت تصنيع الوقود النووي منار الجدل التي تنتج مثل هذه الحبيبات وفي مثل هذه الحالة يحتاج المرء إلى معلومات إضافية. حتى لو كانت أقل أهمية من الناحية الفنية. حول الشواهد (مثل معمل مجاور لتصنيع مواد كاثودية ما تسبب في وجود كمية من الصوديوم في مجال الأجزاء في البيون) أو حول الاختلافات في تقانات التصنيع مثل خشونة سطح الوقود. وكان العامل الثاني هو الذي حدد المنشأة التي صنعت تلك الحبيبات. وذلك بسبب أسلوبها المعروف بالسحن الرطب. وهي طريقة تجعل سطح الحبيبات أكثر نعومة من تلك التي يتم إنتاجها في منشآت أخرى باستخدام السحن الجاف.

ويتم استخدام مقياس الطيف الكتلي النانوي لقياس تخصيب الجسيمات في اليورانيوم-235 في عمليات دهم مفاجئة للتحقق من عمليات تخصيب سريه لليورانيوم في نماذج من البيئة جمعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وتم العثور باستخدام هذه التقنية الفعالة على جسيمات من اليورانيوم 235 مخصبة بنسبة 87.8% في قطعة فولاد غير قابل للصدأ مشعة عُثر عليها في باحة النفايات المعدنية التابعة لأحد مصانع تنقية المعادن. وتبين أنها قطعة من مجموعة الوقود لتفاعل نووي سريع تم التعرف عليها من شكلها يُذكر أن التخصيب الاعتيادي لليورانيوم-235 للمفاعلات السريعة هو 19%. وهو غير قابل للاستخدام في الأسلحة ولذلك تم الاستخلاص بأن هذه التجميع كانت نموذجاً لتفاعل اختبائي معروف أقل استطاعة. وقد تم نقل الوقود المنتج بطريقة كيميائية حرارية أصلاً بطريقة غير مهنية تمثلت بقص مسامير الربط عن طريق سحقها. من الملفت للنظر أن الوقود الذي تم أخذه قد هُزب بطريقة غير مشروعة وبكميات صغيرة عبر دول عديدة قبل أن تصادره الشرطة. وأظهرت كل العينات التي تمت مصادرتها نسباً متطابقة من التخصيب والشواهد في مادة اليورانيوم-235.

حك السطح الخارجي

لا تزال هناك حاجة إلى أساليب جديدة لكشف تاريخ المواد النووية أو المشعة غير المعروفة. فعلى الأبحاث والتطوير القائمين حالياً البحث عن تقانات تحليلية أكثر دقة وتفسيرات أكثر حسماً للنتائج الناجمة عن قراءة المعلومات الأصلية الكامنة في المواد. ويجب في المستقبل أن يصبح التمييز أسهل بين عمليات تخصيب اليورانيوم-235 المختلفة. وإعادة تمثيل تاريخ العمليات في منشأة لمعالجة المواد المشعة من خلال نفاياتها. والتعرف بصورة أيسر على خطوات عملية تصنيع المواد.

تُستخدم أدوات وتقانات التحليل الملائمة على نطاق واسع لكن مختبرات قليلة فقط لديها ترخيص بالتعامل مع المواد النووية أو المشعة. ولهذا السبب تتنظر الوكالة الدولية