# ماذا يوجد في أمتعة المفتش؟

## استعراض معدات الضمانات

**بقلم فنسن فورنييه**

تشكل عمليات التفتيش الميدانية جوهر أنشطة التحقق النووي التي تضطلع بها الوكالة، ولابدَّ من تزويد المفتشين بالأدوات الملائمة إذا ما أردنا ضمانات نووية فعالة. ويستخدم مفتشو الوكالة ما يربو على مئة نوع من المعدات للتحقُّق من شكل المواد النووية وتركيبها النظيري وكميتها.

وفي العادة، يختار المفتشون ثلاثة إلى خمسة معدات محمولة باليد لكل عملية تفتيش. وفي هذا الصدد، قال ألان لوبرين، رئيس قسم القياس غير المتلف في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وهو القسم الذي يوفر أدوات الرصد المستخدَمة من جانب المفتشين: "ليس هناك ما يمكن أن نسميه عملية تفتيش نموذجية". "ويختار المفتشون المعدات على أساس كل حالة على حدة".

ويقوم التقنيون بتحضير الأجهزة ومعايرتها وحزمها، ليقوم المفتشون بحملها، أو في حال كانت مفرطة الضخامة يتم شحنها إلى وُجهة المفتشين مسبقاً. وأكثر المعدات المحمولة باليد استخداماً هي أجهزة التحليل غير المتلف. وتكشف هذه الأجهزة عن وجود المواد النووية (اليورانيوم والبلوتونيوم والثوريوم) وخصائصها المحددة. وهناك أجهزة متخصصة لتقييم الخصائص الفيزيائية للمواد النووية، أي درجة الحرارة والوزن والحجم والسماكة وانبعاث/امتصاص الضوء.

وفي هذا قال لوبرين: "لابد أن تكون المعدات متقدمة تكنولوجياً ومتعددة الاستعمالات ومتينة وسهلة الاستخدام". ويستعرض خبراء المعدات الأجهزة ويرتقون بأدائها إلى المستوى الأمثل باستمرار، من أجل مواكبة الابتكارات التكنولوجية وتبسيط واجهات المستخدمين.

وفي بعض الأحيان يمكن استخدام المعدات المتاحة تجارياً بعد حد أدنى من المواءمة، بينما في حالات أخرى تُطوَّر المعدات خصيصاً للوكالة و/أو من جانب الوكالة. وهنا قال لوبرين: "كلفة بعض هذه الأدوات تفوق كلفة سيارة رياضية".

## كاشفات الإشعاعات

من بين أكثر المعدات شيوعاً في الاستخدام جهاز **HM-5**. وهو أحد الأجهزة التجارية التي تمت مواءمتها خصيصاً لتلائم تطبيقات التحقُّق في مجال الضمانات. ويحمل المفتشون هذا الجهاز للكشف عن وجود المواد المشعة. ويُصدر الجهاز صوتا "عاليا قصيرا" في حال تجاوز الإشعاع مستوى معيَّنا، ويحدّد النويدة الباعثة للإشعاع. وباستطاعة هذا الجهاز أيضاً أن يقيس معدل إثراء اليورانيوم. ويُستخدم جهاز HM-5، بفضل تعدُّد استخداماته، في جميع عمليات التفتيش تقريبا التي تضطلع بها الوكالة.

## شؤون الإثراء

اليورانيوم المثرى إلى اليورانيوم-٢٣٥ ضروري لاستدامة التفاعل المتسلسل النووي. لكن يمكن أيضاً استخدام المواد والتكنولوجيا النووية الموجودة في محطات الإثراء لتصنيع يورانيوم صالح لإنتاج الأسلحة. وفي المرافق التي تقوم بمعالجة و/أو خزن اليورانيوم، يقيس المفتشون وزن اليورانيوم ونسبة إثرائه من أجل حساب الكمية الإجمالية للمادة الإنشطارية.

ويستخدم المفتشون **خلية حمل** كبيرة، هي نوع من الميزان المعلق، لقياس وزن الاسطوانة من أجل تقدير كمية المواد داخلها، مثل اليورانيوم. وتعمل خلية الحمل ضمن نطاقين من الأحمال، هما ما يصل إلى ٥٠٠٠ كيلوغرام وما يصل إلى ٠٠٠ ٢٠ كيلوغرام.

وللتحقُّق من مستويات الإثراء، يستخدم المفتشون في كثير من الأحيان، لأخذ القياسات، كاشفات فائقة التقنية تستخدم قياس طيف أشعة غاما، وهي تقنية لرصد وتقييم أشعة غاما المنبعثة من أي مصدر ما. وعلى سبيل المثال، هناك **نظام الجرمانيوم المبرَّد كهربائياً** (ECGS) الذي هو كاشف مدمج ومحمول فائق الدقة يعتمد على بلورات جرمانيوم نشطة يمكن، عند تبريدها إلى درجة -١٤٠ مئوية، أن تكشف عن أشعة غاما المنبعثة من اليورانيوم. ويمكن استخدام هذا النظام في بيئات غير المختبرات لأنه، خلافاً لكاشفات الجرمانيوم التقليدية، يمكن تبريده باستخدام بطاريات، بدلاً من النيتروجين السائل الذي يصعب التعامل معه ولا يتوافر دائماً.

وكما يظهر في الصورة، تكون المادة قيد التحليل في بعض الأحيان محتواة داخل أسطوانة ضخمة. ولضمان أن يكون بإمكان نظام الجرمانيوم المبرَّد كهربائياً، أو غيره من الأدوات، تقييم البيانات وتحليلها بدقة، يستخدم المفتشون **مقياس سماكة فوق صوتي** لضبط حساسية الكاشف حسب إشعاع غاما وبناء على سماكة جدران الاسطوانة.

## تحت الماء

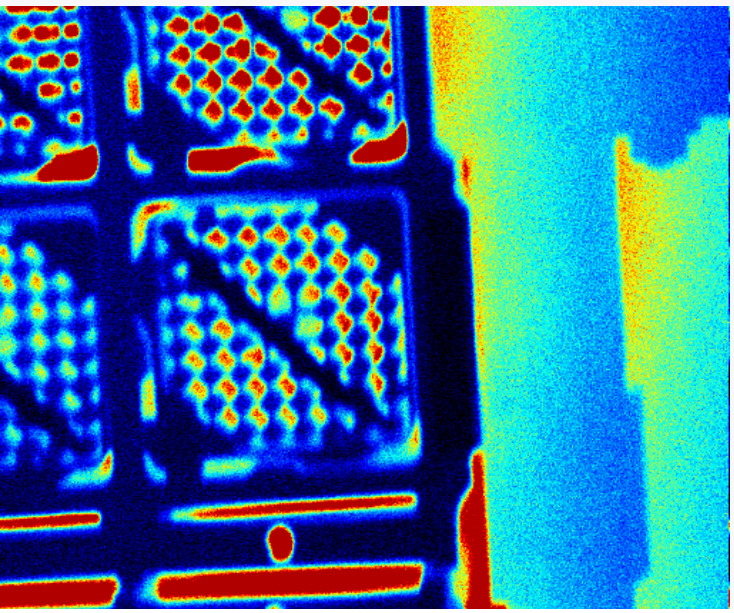
يستخدم المفتشون أنواعاً مختلفة من نظم الكاشفات لقياس سمات الوقود المستهلَك والمرشِّحات والنفايات في المرافق النووية.

وعلى سبيل المثال، يتألف **جهاز اختبار خصائص الوقود المُشعَّع** من كاشف أشعة غاما صغير لكنه حساس، بحجم حجر كريم صغير، ومحوي داخل أنبوب لحمايته، ويدلّى هذا الكاشف في حوض الوقود المستهلك لقياس المواد المخزنة فيه. وهناك كوابل لربطه بجهاز التحليل الذي يبقى إلى جانب حوض الوقود.

ويقيس الجهاز كثافة شعاع غاما عند مستويات طاقة متفاوتة. ولكل نظير من كل ذرة انبعاث شعاع غاما مميِّز، ولذلك يمكن استخدام قياس طيف أشعة غاما للتحقُّق من محتوى المفردات الموجودة داخل حوض الوقود المستهلك. وفي حال أزيل الوقود المستهلَك أو استُبدل في الحوض فإن معلومات مقياس الطيف تكشف ذلك للمفتش.

## تفقُّد أحواض الوقود المستهلك دون تعرض الأجهزة للبلل

أحد بدائل جهاز اختبار خصائص الوقود المُشعَّع للتحقُّق من الوقود المستهلك هو **الجهاز الرقمي الخاص بمشاهدة ظاهرة تشيرينكوف،** ويستند هذا الجهاز إلى كاميرا فائقة الحساسية تكشف الضوء فوق البنفسجي. وهذه الكاميرا موصولة بحاسوب يستخدم برمجيات متخصصة لتحليل الصور. وقد طُوِّر هذا الجهاز للوكالة حسب مواصفاتها الخاصة من معدات علم الفلك. ولكن بدلاً من النظر إلى النجوم، تلتقط الكاميرا بعدستها المتخصصة ومستشعرها المتخصص الضوءَ فوق البنفسجي المنبعث من مجمعات الوقود المستهلك، وتكشف أنماط الضوء التفاصيل الرئيسية لخصائص هذه المجمَّعات. ويُستخدم ذلك للتحقُّق من أحواض الوقود المستهلك بما يضمن أن الوقود المستهلَك لم يُحرَّف أو يُستبدل بغير مجمعات الوقود. ومن المهم هنا أن هذا الجهاز لا يُغمر في حوض الوقود، وهو لذلك لا يتلوث بالعناصر المشعة.



## العمل في إطار البرتوكول إضافي

يمنح البروتوكول الإضافي الوكالة حقوقاً موسَّعة للوصول إلى المعلومات والأماكن، ما يساعد على تقديم توكيدات أكبر بعدم وجود مواد أو أنشطة نووية غير معلنة في الدول المرتبطة باتفاقات ضمانات شاملة (انظر المقال، في الصفحة ٤).

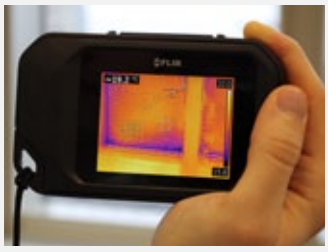
ولتقييم مدى اكتمال إعلانات الدولة بموجب البروتوكول الإضافي، قد يقوم المفتشون بزيارات معاينة تكميلية مستعينين **بأطقم المعاينة التكميلية.** وتزوّد تلك الأطقم المفتشين بأدوات متعددة لجمع المعلومات والتحقُّق من الإعلانات. وتشمل هذه المفردات كاميرا، ومقياس مسافات بالليزر، وجهاز خاص بالنظام العالمي لتحديد المواقع، ومسجل صوت، وبطارية ضوئية صغيرة، ونظام قياس إشعاعي للأغراض العامة مثل جهاز HM-5، وطقم لأخذ العينات البيئية (انظر المقال في الصفحة ١٤). وتساعد هذه الأدوات الوكالة على التأكُّد من عدم وجود مواد وأنشطة نووية غير معلنة في تلك الدول.

## التخطيط للمستقبل

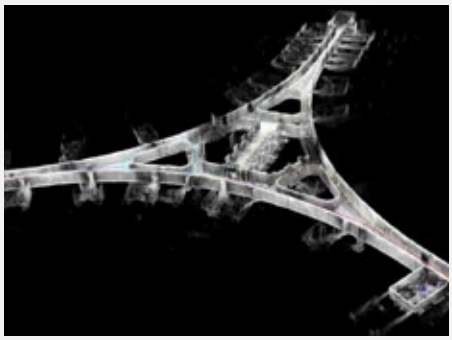
لا تزال أوجه التقدم التكنولوجية تتيح فرصا جديدة ومكاسب في الكفاءة على صعيد أعمال الرصد والتحقُّق. ويبلغ متوسط العمر الافتراضي للمعدات نحو عشرة أعوام، وبعد ذلك تتناقص موثوقيتها. وتعمل الوكالة، بدعم حاسم من دول أعضاء عدة، على مواكبة تطوُّر التكنولوجيا الحديثة.

وفي هذا الصدد، قال ديميتري فينكر، أخصائي التبصّر التكنولوجي لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية: إن "تحسين كفاءة عمليات التفتيش من أولويات الوكالة. وهدفنا هو أن نقوم بما نقوم به اليوم بسرعة أكبر وبطريقة أفضل دون إرباك تدفُّق العمل". "ونحقق ذلك من خلال تنفيذ تغييرات تدريجية ومن خلال مواءمة الأدوات والتكنولوجيات المتوافرة بالفعل في الأسواق".

وعلى سبيل المثال فإن إدخال تحسينات على أطقم أدوات المعاينة التكميلية سيتيح للمفتشين في المستقبل القريب العمل بسرعة أكبر، وبدقة أكبر، وإعداد التقارير بجهد أقل عند عودتهم إلى فيينا.



وسوف يستخدمون **أقلاما إلكترونية** لتدوين الملاحظات في الميدان، **ونظاما مستقلا لتحديد المواقع** قائما على وحدة قصور ذاتي مثبَّتة على قدم المفتش لمتابعة مسار حركته، وكاميرات مختلفة من بينها **كاميرات الأشعة تحت الحمراء، مقرونة بمقياس نطاقات وكاشف إشعاع مصغَّر** جديد قادر على كشف المصادر المختلفة للإشعاع وعلى تحديد هويتها. ويتم تحميل البيانات المجمَّعة في الميدان إلى برنامج حاسوبي، وتُجمع المعلومات لإعداد تقرير تفتيش بالغ الدقة ومحدَّد المواقع يُظهر الوقت، والقيمة الإشعاعية، والصور، والمواقع الدقيقة لأخذ العينات، على امتداد عملية التفتيش.



وتابع فينكر قائلاً: "بدلاً من أن يستنزف المفتشون نصف وقتهم في جمع المعلومات لإعداد التقرير، نزودهم بحلول تكنولوجية تجعلهم يتفرغون معظم الوقت للتحليل بدلاً من ذلك".

وتعكف الوكالة أيضاً على تقييم فوائد استخدام تكنولوجيا الليزر ثلاثية الأبعاد في أنشطة التحقُّق، لأن بإمكان هذه التكنولوجيا أن ترسم خرائط المباني بسرعة عندما يمر المفتش عبرها حاملاً تلك الأداة في يده. والخرائط ثلاثية الأبعاد المتأتية من ذلك أكثر كفاءة من الصور العادية للتحقُّق من إعلانات الدول عن مرافقها.

الصور من: الوكالة الدولية للطاقة الذرية