تكنولوجيات جديدة في مجال الإخراج من الخدمة والاستصلاح

بقلم فنسن فورنييه

يمكن تركيب أجهزة استشعار وكاميرات على الطائرات بلا طيار لجمع البيانات عن بُعد تحضيراً للاستصلاح البيئي.
(الصورة من: ر. دوران/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

التكنولوجيات الجديدة والناشئة تجعل الإخراج من الخدمة والاستصلاح أفضل من حيث فعالية التكلفة وأيضاً من حيث السرعة والأمان. واستخدام التكنولوجيات الجديدة آخذ في الازدياد، بدءاً من التخطيط ووصولاً إلى التنفيذ والتحكم.

الليزر والطائرات بلا طيار "درونز" لتخطيط أفضل

قبل البدء بالإخراج من الخدمة أو الاستصلاح البيئي، فإن الخبراء بحاجة إلى التخطيط لكل خطوة من العملية، وللقيام بذلك هُم بحاجة في البداية إلى فكرة واضحة عن الخصائص الهيكلية ومستوى الإشعاع الذي من المتوقع أن يواجهوه.

ويمكن تحديد الخصائص لأغراض التخطيط باستخدام نُهج يدوية، مثل رسم المخططات النموذجية وأخذ القياسات والتقاط الصور، لكن الآن تتيح تكنولوجيات المسح الضوئي الليزري لفِرق الإخراج من الخدمة أن ترسم بسرعة ودقة أكبر مخطط الخصائص المادية لهياكل مِرفق ما ونظمه ومكوناته. ويُتمَّم ذلك بقياسات بالغة الحساسية تؤخذ بأجهزة فائقة التقنية، مثل الكاميرات الجيمية المُدارَة عن بُعد والتي يمكنها أن تقيس بدقة وكفاءة الخصائص الإشعاعية للمِرفق، بما في ذلك كمية الإشعاع ونوعه. ويلزم أخذ قياسات مشابهة عند إزالة التلوث وذلك للتحقُّق من أن أي مستويات إشعاعية متبقية إنما هي غير ذات شأن.

"ويمكن الاستعانة بأدوات مُدارَة عن بُعد لقياس النشاط الإشعاعي، وإزالة التلوث من محطات القوى النووية، وفي نهاية الأمر تقسيم وتناوُل أجزاء المحطة، لنتجنَّب بذلك المخاطر التي قد تواجه الإنسان".

— فلاديمير ميشال، رئيس فريق الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

وبالنسبة لأخصائيي الاستصلاح البيئي تزداد أهمية فهم الأبعاد ذات الفوارق الدقيقة لسلوك بيئة الموقع–والملوِّثات الواقعة ضمنها–عبر الزمن. وتتيح أدوات جديدة مثل الطائرات بلا طيار المزوَّدة بأجهزة استشعار للأخصائيين تقييم سطح الموقع عن بُعد، وعند اقتران ما سبق بالبيانات المجمَّعة على الأرض، يمكن أن يساعد ذلك في تحديد طبيعة الملوِّثات في التربة وتركيزها وتوزيعها. ويحدِّد ذلك بدقة عالية الخصائص المادية والإشعاعية للموقع، مثلما يحدِّد السلوكيات والديناميات البيئية الكامنة.

وفي كلتا الحالتين، بمجرد أن تُجمع البيانات يمكن لبرمجيات النمذجة المتطورة ثلاثية الأبعاد أن تولّد مستنسخات فائقة التفاصيل من المِرفق أو الموقع، وخريطة تراكبية لمستوياته الإشعاعية. ويمكن استخدام برمجيات النمذجة أيضاً في مجال الاستصلاح البيئي لمحاكاة سلوك الملوِّثات في البيئة، وهذه خطوة أساسية على صعيد انتقاء وتنفيذ نُهج استصلاح مأمونة ومستدامة وذات تكلفة مجدية وأيضاً لرصد موقع ما وإدارته في المدى البعيد.

البشر والروبوتات

المرافق النووية مليئة بالزوايا والأماكن المنزوية التي يصعب الوصول إليها، وتكون في بعض المناطق مشعة وخطرة إلى حد كبير الأمر الذي يحُول دون دخول العمال إليها. وتتيح الروبوتات طرقاً جديدة للتعامل مع هذه التحديات.

"ببساطة لا يمكن للعمال الوصول إلى بعض أجزاء هذه المرافِق، إما لأنها صغيرة أو ضيقة للغاية، أو لأنها مشعة وخطرة للغاية. وهنا يكمن الدور الفارق للربوطيات،" كما قال فلاديمير ميشال، رئيس فريق الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية. "ويمكن الاستعانة بأدوات مُدارَة عن بُعد لقياس النشاط الإشعاعي، وإزالة التلوث من محطات القوى النووية، وفي نهاية الأمر تقسيم وتناوُل أجزاء المحطة، لنتجنَّب بذلك المخاطر التي قد تواجه الإنسان".

ومع تقدُّم التقنية، أصبحت الروبوتات أصغر حجماً، وأكثر تقدُّماً وإتقاناً، ما جعلها تعمل في تضاريس متنوعة وبيئات قاسية. وعلى سبيل المثال، يمكن للعمال تشغيل الأذرع الآلية متعددة المهام عن بُعد، ويمكن تزويدها بأدوات مثل القاطعات الليزرية بما يتيح تفكيك الأنابيب ومكونات المفاعلات التي يصعب الوصول إليها وغيرها.

ويمكن أيضاً تشغيل الأدوات القاطعة المُدارَة عن بُعد تحت الماء، ويكون مشغِّلو تلك الأدوات على مقربة منها محميين بالوقاية الطبيعية التي يوفرها الماء من الإشعاع. وبتفكيك المكونات المشعة تحت الماء يمكن أن تساعد هذه الروبوتات في حماية العمال والوقاية من انبعاث الجسيمات العالقة في الهواء.

طبيعة ابتكارية

الابتكار لا ينحصر دائماً في تطوير أجهزة جديدة معقدة. ويُعدُّ مفهوم "الهندسة المنسجمة مع الطبيعة" أحد المفاهيم الناشئة في الاستصلاح البيئي. وفي بعض المواقف قد لا يكون الحل الاستصلاحي الأمثل هو الحل الذي ينطوي على أدوات مكلفة وعمليات كيميائية.

"أن تأخذ الطبيعة مجراها قد يكون، في بعض الحالات، أفضل مسار للأمور، غير أن ذلك يستلزم أن نفهم العمليات البيئية ذات الصلة وأن نتنبأ أيضاً بها على نحو مفصل. غير أنه في الآونة الأخيرة فقط أصبحت الأدوات الحاسوبية وتقنيات تحديد الخصائص والرصد راسخة على نحو كافٍ لتعزيز الثقة في استخدام هذا النهج،" كما قال هورست مونكن-فرناندیز، أخصائي الاستصلاح البيئي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

ويُعدُّ الاستصلاح ذو الأبعاد النانوية، أو الاستصلاح النانوي، تقنية جديدة تستفيد من هياكل متناهية الصِّغر من صُنع الإنسان تُعرف باسم الجسيمات النانوية في الحدِّ من تركيزات الملوِّثات في التربة والمياه الجوفية، بسرعة وكفاءة. وتتسم هذه الجسيمات التي هي أصغر بنحو ١٠٠٠٠٠ مرة من عرض شعرة واحدة بقدرات متميزة في التخزين والنقل والاختراق والتوزيع.

روبوت على شكل ثعبان مزوَّد بقاطعة ليزرية يسهّل وصول طاقم الإخراج من الخدمة إلى المناطق المحصورة والخطرة.

(الصورة من: شركة سيللافيلد المحدودة، المملكة المتحدة)

ويمكن حقنها في الطبقة تحت السطحية للمصدر الملوَّث من أجل تحلُّل الملوِّثات أو شلّ حركتها. ويمكن أيضاً استخدامها لاحتجاز الملوِّثات عبر الجسيمات النانوية التي تتصرف كغِرْبال جزيئي. ومن الممكن أن تكون هذه التقنية مجدية التكلفة بشكل أفضل من التقنيات التقليدية، مثل أعمال الحفر لبلوغ أهداف التنظيف في عملية الاستصلاح البيئي.

عالم جديد بالكامل

الابتكار يفتح الأبواب نحو آفاق جديدة، غير أنه يفرض أيضاً متطلبات تدريب جديدة. وأحد الحلول لتحقيق ما سبق هو الحقيقة الافتراضية. فعالم التقنية ثلاثية الأبعاد يتيح فرصة أمام الممارسين لاكتساب خبرة مباشرة في كل خطوة من خطوات عملية الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي. ويمكن أن يشمل ذلك، بين أمور أخرى، مواصفات تسلسل القَطْع المتبع، ومستويات التعرض للإشعاعات التي قد تواجه العمال، وأكثر الخيارات المتاحة كفاءة لإزالة مكونات قطع النفايات المهشمة وتغليفها، ومخاطر الأمان المحتملة.

ورغم أن الفوائد المحتملة للتكنولوجيات والابتكارات الجديدة هائلة، تمرُّ في العادة أعوام لتعزيز استخدامها على نطاق أوسع، لاسيما في البلدان ذات الميزانيات والموارد المحدودة. ويساعد الدعم المقدَّم من الوكالة البلدان في الحصول على ما تحتاجه من معلومات وخبرات وتدريب.

وهنا يقول ميشال: "تقوم رؤية الوكالة على مساعدة الدول الأعضاء في إرساء وصَوْن قدراتها على إدارة مشاريع الإخراج من الخدمة والاستصلاح في الوقت المناسب وبطريقة مأمونة وبتكلفة مجدية".