

رؤية التأثير النووي

الموارد الاقتصادية - الاجتماعية للتقانات النووية السلمية

بقلم: فير نر بير كارت - ميخائيل د. روزينثال

هذه المقالة تُقَلِّبُ وضع التأثير الاقتصادي والاجتماعي الذري السلمي من جميع الوجوه وتُقارن المداخل المختلفة لتقدير الفوائد. وتستطيع مثل هذه التقديرات أن تقدّم تبصّرات مهمة عن الكيفية التي تستطيع بها التطبيقات النووية أن تخدم بشكل أفضل أكثر الاحتياجات الملحة لتنمية العالم.

إلى أي مدى يكون التأثير واسعاً؟

لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA برامج غنية ومتنوعة لتحسين التقانات النووية القائمة أو لإيجاد تقانات جديدة، وكذلك لنقل تلك الفوائد الملموسة إلى الدول المتقدمة. ومنذ عام 1957، قدّمت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ما يساوي أكثر من 1.2 بليون دولار أمريكي للبلدان على شكل مساعدة تقنية وتدريب وأشكال دعم مختلفة من أجل توظيف الذرة السلمية في عمل بناء. وتشاهد النتائج في المساهمات المهمة التي تحقّقها الطاقة النووية لتحسين الحياة اليومية للبلدين من البشر في جميع أنحاء المعمورة. فالتقنيات النووية تجعل طعامنا أكثر سلامة ووفرة، وتساعد على صنع المرض وتشخيصه والشفاء منه، وتجعل استخدام الماء المستدام على أحسن وجه، كما تحمي البيئة من التلوث. هذا وقد حققت التقنيات النووية إسهامات مهمة ولديها القدرة على المساهمة أكثر بكثير في حقول رئيسة هي موضع قلق للمجتمع الدولي حسبما هو محدد في مخطط أجندة المادة 21 من الإعلان الألفي، وفي مؤتمر القمة العالمي حول التنمية المستدامة (WSSD) في جوهانسبيرغ 2002.

وفيما تبحث IAEA في تسريع وتوسيع مساهمات الطاقة الذرية حسبما هو مدوّن في نظامها الأساسي، فإنه من المهم فهم الطرق التي تحققت فيها هذه المساهمات، وكم هو حجمها، وما هي التأثيرات التي حققتها. ويمكن تقييمها بدلالة تأثيرها الاقتصادي فقط، ولكن الاعتبار يجب أن يذهب أيضاً إلى التأثير الإجمالي، أخذين بالحسبان الاعتبارات البيئية وغيرها. وبالفعل، لقد تمّ تحديد البيئة المستدامة والصحية كشرط مسبق للنجاح في تحقيق الأهداف التي اتفق عليها في مؤتمر القمة العالمي حول التنمية المستدامة.

جلب الاستخدامات الواسعة الانتشار للذرة من أجل السلم إلى البشر فوائد بملايين الدولارات سنوياً عبر الكرة الأرضية. فهم يساهمون مثلاً في رعاية طبية أفضل وفي إنتاج الغذاء وتوليد الكهرباء.

لقد تأسست في كثير من البلدان تقانات نووية وإشعاعية، وهي مكوّنات ديناميّة في الاقتصاد الوطني. ولكن الدولارات والسنتات لا تقدّم إلا جزءاً من الحكاية، والأرقام ليست متوفرة بشكل متساو بالنسبة لجميع البلدان التي تطبّق التقانات النووية. وثمة ضرورة للحصول على تقديرات أفضل عن الزمان والمكان والسببية التي يمكن للفوائد السلمية للذرة أن تتحقق، ولا تقل أهمية ضرورة الحصول على تقدير لكيفية الحفاظ عليها وتعزيزها.

إن هذه المعلومات مهمة لصانعي القرار والجمهور علي حدّ سواء. وحتى أكثر التقنيات النووية تعقيداً أو حداثة لا تشذ عن البقية، إذ يجب على قرارات التقانة النووية أن تُوطر ضمن تصوّر أكبر. يجب أن يُحكّم على التطبيقات النووية على خلفية مساهماتها الكامنة وأن تُقارن بالمنافسين التقليديين. ويجب أن تُقاس أيضاً على أساس السعر والموثوقية والسلامة والبساطة والاستدامة وعوامل أخرى مركزية لخطط الحكومات والشركات الخاصة ومعاهد البحوث والمستهلكين.

ولهذه العناصر جميعها، ثمة حاجة لمعلومات أكثر ثقة من أجل المساعدة في صنع الخيارات. وفي المجال النووي غالباً ما تصاغ المعلومة على نحو صحيح أو خاطيء عبر استبصارات صحيحة أو خاطئة لما يحيط بهذا المجال من مخاطر. وبالإضافة إلى ذلك، ثمة حاجة لأن تُؤخذ بالحسبان التحديات الجديدة مثل القصور في إنتاج الكهرباء والرعاية الطبية من أجل تقييم التنافسية الاقتصادية والتطبيقات النووية ومستقبل التطبيقات النووية بشكل صحيح.

وعبر التقديرات المعلنة، يمكن أن نصل إلى فهم أفضل لتأثير التطبيقات النووية السلمية، الأمر الذي سوف يساعد البلدان في اتخاذ قرارات أفضل للاستخدامات المستقبلية. ونشير هنا إلى أن

② وفي مجموعة ثانية من الفعاليات (مثل الراديولوجيا التشخيصية والطب النووي والمعالجة الإشعاعية) تكون البنية التحتية المتخصصة والخبرة المعرفية واضحة أيضاً، فالأطباء والتقنيون المعنيون في الطب النووي يؤدون بلايين الإجراءات على امتداد العالم في كل عام والتي تعتمد على مخزون ثابت من النظائر أو الاستخدام السليم من المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية والتقانة الإشعاعية. إن قيمتها السوقية كبيرة جداً، إلا أنه يصعب تحديد مقدار التأثيرات الأخرى، فمثلاً كيف يُقِيم الأيونان إسهام المعالجة التشخيصية النووية التي تعتبر شرطاً مسبقاً لعملية جراحية أخرى تطيل أمد حياة طفلهن؟

③ والمجموعة الثالثة من التطبيقات النووية -والتي تشمل تربية النبات وأمن الغذاء ومكافحة الآفات وإدارة المياه- تقود إلى نتائج أصبحت واضحة خارج بنية تحتية نووية مخصصة أو نظام قياسي. إنها تلعب دوراً مهماً في المشاريع الوطنية والإقليمية التي تقدم مقومات الحياة -مثل موارد كافية من الغذاء السليم والمياه السليمة، ويمكن لتأثيرات هذه المجموعة أن تكون هائلة وذات عائدات كبيرة على الاستثمار، حتى ولو كان من الصعب قياسها. فمن الممكن أن يؤدي الإدخال الناجح لضرب variety من النبات أكثر قساوة إلى تغيير جذري في المنظومات الزراعية الكبيرة، ويمكن للاجتناب المتحكم به للآفات الحشرية أن يُحرر المزارعين في البلدان الأكثر فقراً من القيود المعطلة أو يساعدهم على تجاوز الحواجز إلى التجارة الدولية. يمكن للتغيرات في الاقتصاديات الوطنية أن تكون مهمة.

تجسد اللقطات التالية في الطاقة والزراعة والصحة والمياه والصناعة نواحي نوعية، وتبدي بعض العناصر لقياس التأثير السلمي للذرة.

انتشرت الفعاليات النووية في جميع أنحاء العالم ودعمتها حاجة الوكالة لتقييمها بدلالة كم مساهمتها في رفاه البشرية -بما في ذلك رفاه الأفراد، والتأثير الإفرادي على الشركات الخاصة، والتأثيرات على القطاع العام. يجب فهم وقع الفعاليات النووية على الأجيال المستقبلية. فهي ستؤثر على موارد المجتمع -على معيادها، وعلى معارفه العامة، وعلى رأس المال البشري، ورأس المال المصنوع، ورأس المال الطبيعي. يمكن للمساهمات الوطنية أو الإقليمية، في العالم الذي يتزايد عولمة، أن تفيد المجتمع العالمي -وليس مجتمعا واحداً فقط. ولدى مقارنة الذرة من أجل السلم بالخيارات الأخرى لصالح التنمية الاقتصادية والاجتماعية فإن قابلية استدامة العمليات المقدمة جديداً إنما تحتاج إلى تأمل خاص.

ما هي التقنيات النووية؟

تستخدم التقنيات النووية لقياس وإدارة وتغيير العالم من حولنا في كل مكان، إلا أنها تستعصي على التوصيف السهل. وتتساءل في هذا الصدد:

ما هي المساهمة النووية؟ وكيف يتم تقييمها؟ وما هو تأثيرها الكلي؟

① في إحدى مجموعات الفعاليات، تكون المساهمة النووية واضحة نسبياً -ومن أمثلة ذلك، إنتاج الطاقة النووية المجذرة في بنية تحتية صناعية ومهنية راسخة. وتشمل هذه المجموعة فعاليات دورة الوقود النووي المنجزة من قِبَل محترفين ذوي خبرة نووية تحت إشراف سلطات نووية وتابعين إلى مجموعة من المختصين ذوي المعرفة والاختصاص الصناعي النوعي العالي. ويمكن أن تكون التأثيرات بعيدة المدى، حتى يمكن أن تؤثر بأساليب مختلفة على الحياة البرية وأحوال الصحة الإقليمية، أو مناخ الكرة الأرضية.

الطاقة النووية



الحصص بالميجاواط

④ توليد القدرة النووية أكثر الفعاليات النووية شهرةً ولكنه أيضاً يُصَلِّح أكثرها إرتياباً. وعلى نطاق عالمي، أنتجت 441 منشأة قدرة نووية في 31 بلداً حوالي 16% من إنتاج الكهرباء الكلي العالمي في عام 2002. ويتجاوز إنتاج الكهرباء بالقدرة النووية في فرنسا النسبة 75%، وفي اليابان 30% وفي الولايات المتحدة 20%.

وبوضوح، يتفاوت التأثير الاقتصادي الاجتماعي لإنتاج القدرة النووية بشكل كبير. ويمكن على المستوى الاقتصادي تقدير هذا التأثير

إنتاج الطاقة النووية

رسم مأخوذ من بيانات IAEA's Nuclear Technology Review لعام 2002. يمكن تقدير المساهمة العالمية في إنتاج الكهرباء النووية

	الكهرباء الكلية TWh	الكهرباء النووية TWh	الحصة النووية %	دولار أمريكي (billions)
في العالم	15,000	2,500	16	125
أمريكا	3,800	770	20	39
اليابان	940	320	34	16
فرنسا	520	400	77	20
فرنسا	520	400	77	20
بلجيكا	76	44	58	22
ليتوانيا	15	11	78	0.6

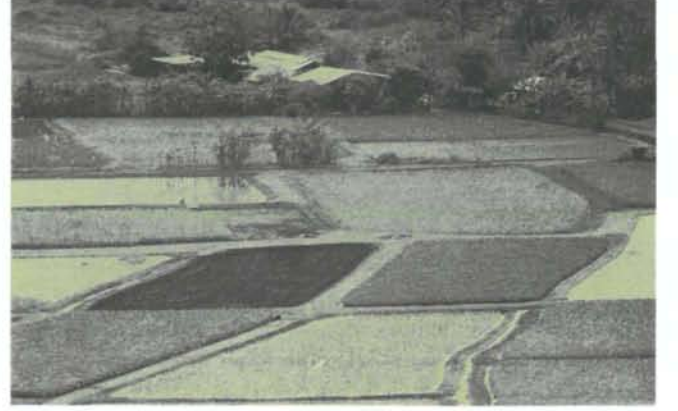
ملاحظة: كل KWh يقدر بـ 5 سنتات (الأرقام) مأخوذة من Nuclear Technology Review عام 2002. المصدر: IAEA Journal of Nuclear Science & Technology (تشرين الأول 2002).

عبر النظر إلى القيمة السوقية (أسعار التجزئة) للكهرباء المنتجة، فبالنسبة لليابان والولايات المتحدة لعام 1997 يقدر هذا بـ 47 بليون دولار أمريكي و بـ 39 بليون دولار أمريكي على التوالي، وذلك وفق ما كتبه الباحثون اليابانيون في عدد تشرين الأول في مجلة العلوم والتقانة عام 2002. وهذا يمثل حوالي 0.5% من الإنتاج الوطني الإجمالي (GDP) في كلا البلدين. وأما في فرنسا، حيث يكون جزء إنتاج الكهرباء بالقدرة النووية أعلى بكثير، فيصل الرقم إلى 1.5%.

تمت هذه التقديرات على أساس أسعار البيع بالتجزئة للكهرباء، وبطرح تكاليف النقل والتوزيع التي هي مكونات غير نووية فإن المساهمة النووية ستخفّض بحوالي الضعفين).

يجب أيضاً أخذ العوامل الاجتماعية والبيئية بعين الاعتبار. فكثير من هذه العوامل غير مباشر وتتضمن محاكمات دلالية ومدارك حسية. ولا تدخل جميعها في أسعار سوق الكهرباء. وإذا ما نظرنا إلى البدائل، نرى أن من السهل تقييس بعض العوامل -مثل إصدارات غازات أو هباء الدفيئات- ولكن من الصعب تقدير

الغذاء والزراعة



"الثورة الخضراء"

التطبيقات النووية الكبرى للغذاء والزراعة في استيلاء الطفرات ومكافحة الآفات وتشجيع الغذاء. وتستند البحوث بشكل كبير إلى تقنيات نووية مثل دراسات حث التربة ودورات المياه والتأثيرات البيئية.

سعى المزارعون ومربو النبات لعدة قرون، إلى تحسين الضروب varieties النباتية. ومنذ الخمسينيات من القرن الماضي، هناك جهد متنام من قبل مراكز البحوث الزراعية الدولية وأنظمة البحوث الزراعية الوطنية لتحسين الزراعة في البلدان المتقدمة من خلال تطوير ضروب محاصيل جديدة ذات مردود عالٍ أو مقاومة زائدة للإجهادات البيئية كالجفاف والملوحة والهوام، وقد تم إطلاق الآلاف من الأنواع الجديدة لتصبح جزءاً مما كان قد هُمل له تحت عنوان الثورة الخضراء.

كانت النتائج مثيرة للإعجاب. ففي مقال في مجلة سيانس في عدد أيار 2003، تفحص الباحثان ر.ي. إفينسون R.E. Evenson و د. غولين D. Gollin التأثير العالمي للبحوث الزراعية الدولية. وقدروا في البلدان المتقدمة حالياً وبغياب البحوث الدولية... أنه كان يمكن في البلدان المتقدمة، أن يكون الأخذ الحراري لكل نسمة أقل بـ 13.3-14.4%، وأن تكون نسبة الأطفال السيئي التغذية أعلى بـ (6.1 - 7.9%) وإستنتجوا أيضاً أن جميع المستهلكين في العالم قد استفادوا عملياً من أسعار الغذاء الأخفض.

وعموماً، يثبت إفينسون وغولين أن عائدات المستهلكين من الاستثمارات في البحوث الزراعية الدولية كانت كبيرة. وفي الوقت نفسه ومع ذلك لم يستفد جميع المزارعين. إن المنتجات الأرخص

تأثيرها على الصحة والمناخ. وبالنسبة للنواحي النووية، فإن تكاليف نزع تفويض المنشآت النووية أو تكاليف خزن النفايات النووية مدة طويلة أمر مفهوم تماماً، ولكن خطر الحوادث فإنه أمر مفتوح على الكثير من الارتياح وتدخل تكاليف عدم التفويض أو التخلص من النفايات أحياناً في تكاليف الإنتاج. ولكن تبقى التكلفة الكلية لحرق الوقود الأحفوري غير المستدام والذي يعمل على مبدأ "خفف وابدأ" غير معلنة. ولذلك، فإن التمارين المقارنة كانت ولا تزال شأناً معقداً في الطبيعة وتترجع إلى عدم التوافق.

المقدمة من المزارعين الأكثر منافسة غالباً لا تضرراً بالمزارعين الصغار، وقد أدت النباتات العالية المردود إلى استخدام متزايد للأسمدة لجعل كفاءتها أعظمية. وقد ازداد الاهتمام أيضاً باستدامة الزراعة المكثفة والعواقب البيئية لتدهور التربة والتلوث الكيميائي وملوحة التربة والتنوع الإحيائي.

تُعرف إحدى الطرائق الرئيسة المستخدمة في الثورة الخضراء بمصطلح "الاستيلاء الطفري المحرض بالتشجيع" ويلجأ إليها لاصطفاء النباتات من أجل الميزات والصفات traits المرغوبة. وبالرغم من صعوبة تقدير دور هذه الطريقة في تحقيق نتائج عالمية فمن الواضح أن هذا الدور كبير. فمثلاً كانت النسبة المئوية لحقول الأرز المكرسة لأنواع منتجة بمساعدة التشجيع عام 1998 تساوي على الأقل 28% في تايلاند و 19% في لاوس و 14% في فيتنام. هذا ما أشار إليه الباحثون في كتاب Crop Variety improvement and its Effect on Productivity عام 2003. ويُقدّر الباحثون في اليابان أن أنواع النباتات المنتجة عن طريق الطفرات المحرّضة إشعاعياً تهيمن على حصة من السوق تبلغ 804 دولار أمريكي في العام، كما ورد في تقرير مجلة J. of Nuclear Science and Technology عدد تشرين الأول عام 2002. هذا وقد جرت في باكستان، زراعة 25% من المساحة المخصصة للقطن بصنف ذي طفرة عالية المردود تم تحريضها باستخدام أشعة غاما. ويُقدّر أن هذا الصنف قد ساهم بأكثر من ثلاثة بلايين دولار أمريكي من منتج القطن وأخذ صناعة النسيج في باكستان عندما هدّدت آفات حشرية بانخفاض في منتج القطن.

وتأسست أيضاً بشكل جيد مكافحة الآفات باستخدام طريقة تدعى "تقنية الحشرات العقيمة" (SIT). وقد استخدمت هذه الطريقة بشكل فعال في حالة ذبابة الفاكهة المتوسطة لحماية بساتين الحمضيات وكروم العنب وفي حالة الدودة اللولبية لحماية الماشية. قُدرت الفوائد الاقتصادية السنوية في الولايات المتحدة من طريقة SIT بـ 1.5 بليون دولار أمريكي بالنسبة للحالة الأولى و 1.3 بليون دولار أمريكي بالنسبة للحالة الثانية.

تعدّ حماية البيئة من المبيدات الحشرية والمحافظة على التنوع الإحيائي فوائد إضافية لهذه التقنية النووية. إن مدّ استخدام تقنية الحشرات العقيمة لتشمل ذبابة تسي تسي -التي تهدد كلا من صحة الحيوان والإنسان والتي تبقى عائقاً كبيراً لتطوير الريف الإفريقي- تخطو إلى الأمام مع دعم مهم من الوكالة الدولية والتي أعطت أكلها مسبقاً في زنجبار التي تخلصت من هذه الآفة. وكننتيجة

التخطيط لتجارب حقلية من أجل الولايات الشمالية من السودان وفي جزيرة ريونيون الفرنسية.

وثمة تقانة أخرى - وهي تشعيع الغذاء - تملك إمكانية أن تحل محل التطهير الكيميائي بالدخان بغية مكافحة الهوام في التجارة الدولية، وتستخدم بشكل متزايد للتوصل إلى غذاء آمن مثل اللحم المفروم أو التوابل. وتبين التقديرات للولايات المتحدة مثلاً أن أقل من 5% من اللحم المفروم يكون مشعاً - وهذا من مجمل السوق البالغ أربعة بليون كيلوغرام.

لقد أعلن عن سلامة تشعيع الغذاء من قبل اللوائح الغذائية لـ FAO/WHO، وهي المؤسسات الدولية المسؤولة عن سلامة الغذاء. ومع ذلك فإن القبول الشعبي لذلك يتفاوت بشكل كبير، مع أن كثيراً من البلدان الأوربية تقتصر استخدام هذه الطريقة على التوابل. إن الصحة العامة وهموم السلامة تستحثان اهتماماً أكبر، فالتشعيع مثلاً، الذي يُقدم طريقة فريدة لاستيفاء المتطلبات الصحية الميكروبية يمكن أن يساعد في الوفاء بالتعليمات الصارمة من أجل جراثيم السالمونيلا في اللحم المفروم الذي يُقدم في وجبات المدارس.

ملاحظات	المقدار في العام	نتيجة	تطبيق
			Mutation breeding
			الآرز
			◆ تايوان
			◆ القطن
			◆ باكستان
			مصدرة من تايوان
			محصول بمرود أعلى
			1989-98 \$16.9 billion
			موزع أكثر من 3 بلايين دولار لإنتاج القطن
			تقنية تعقيم الحشرات
			◆ ذبابة الفاكهة للتوسيط
			◆ ذبابة الفاكهة للتوسيط
			◆ الدودة الثوبية
			◆ ذبابة البطيخ
			حمضيات أمريكية ومحاصيل صادرات تشيلي
			استئصال شمال السلفاتور
			أوكيناوا
			\$1.5 billion
			\$33 million/year
			\$1.27 billion
			\$30 million/year
			يعطى التصدير تكاليف غير متوقعة
			لا تتضمن تكاليف غير متوقعة، وتخفيض مبيدات الحشرات... الخ
			تشعيع الطعام
			◆ توابل
			◆ لحوم
			سوق أمريكية (تجزئة)
			لحم مطحون أمريكي (تجزئة)
			متوقعة >\$2 billion
			متوقعة ≤\$0.5 billion
			يمكن تخفيض استعمالات واسعة الانتشار للمضادات الحيوية أو إعطاء الفطريات
			المصدر: تقارير إلى مجلة IAEA للعلوم النووية والتكنولوجيا (2002)؛ تحسين نوع المحصول وتأثيره على الإنتاجية (2003).

لذلك، فإن المزارعين هناك يستطيعون في الوقت الحاضر أن يختاروا ميزة أفضل من أنواع الماشية التي تعطي المردود المرتفع من الحليب واللحوم. لقد ارتفع عدد المزارعين الذين يفعلون ذلك بشكل مهم منذ عام 1999، كما هو الحال في إنتاج الحليب ومحصول المزرعة.

لقد أدخلت الوكالة البحث والتطوير في مختبراتها في سايبرسدورف لتطوير SIT من أجل مكافحة مرض الملاريا من خلال القضاء على البعوض في منطقة واسعة. ولاتزال هناك ضرورة لإحراز تقدّم مهم في إيجاد طرائق واختيار أجناس. ويجري

الصناعة



الآلات الأساسية للتجارة

يمكن في التصنيع وفي صناعات أخرى، أن لا تحقق خطوة نووية رئيسية إلا إسهماً صغيراً في المنتج النهائي المميز. ففي اليابان مثلاً، تُعامل جميع الإطارات الشعاعية غالباً، والتي تُقدّر قيمتها السوقية بتسعة بلايين دولار أمريكي في العام، بالتشعيع لتحسين الارتباط المتصالب لجزيئات المطاط فيها. ونشير إلى أن السوق العالمي لها يبلغ حوالي 35 بليون دولار أمريكي.

تجد صفيغة عريضة وواسعة من التطبيقات النووية حالياً استخدامات صناعية روتينية. وتتضمن تلك التطبيقات معايير قياس فيزيائية، مقياس الكثافة/الرطوبة وآلات إغلاق آبار البترول،

تطبيقات صناعية مختارة

تطبيق	نتيجة	قيمة (US\$)
حزمة إلكترونية	◆ معالجة إشعاعية للإطارات	3.5 بليون دولار أمريكي في السوق العالمي بما فيها 1.5 بليون دولار أمريكي في اليابان، 1.5 بليون دولار أمريكي في الولايات المتحدة
	◆ تعقيم منتجات طبية	7 بليون دولار أمريكي في اليابان والولايات المتحدة
	◆ كلي / Inks	1.5 بليون دولار أمريكي
	◆ تنظيف لاصق	مشتات في بولندا، اليابان وبلدان أخرى
معالجة إشعاعية	◆ 180 إشعاعات عام	مشتات للتعقيم لمنتجات طبية وقوية
اختبار غير إتلافي	◆ ضبط الجودة، سلامة التشعيع، صناعات السيارات، الهواء النقي، المترو	الاعتماد على الانتشار الواسع لـ PET
نظائر مستقرة	◆ 30 مليون دولار أمريكي في العام	

ومكاشيف الدخان، ومعالجات إشعاعية مثلاً لتعقيم الإمدادات الطبية، وكذلك طبخ البلاستيك والمطاط، واستخدام القفّاعات الإشعاعية لضبط الأداء ولجعل العمليات في مجال عريض من المنشآت الصناعية مثالية.

وعلى نطاق عالمي، تُعلّل التطبيقات النووية في الصناعة تقدير عائدات السوق المقدّرة بأكثر من 40 بليون دولار أمريكي في العام.

ورغم أن المدخول قيمة منخفضة نسبياً بالدولارات، فإنها غالباً ما تساهم في طرق لا مندوحة عنها في مشاريع اجتماعية واقتصادية أكبر بكثير.



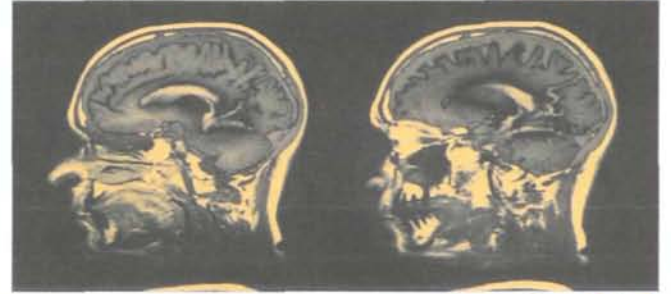
فهم الطرق الحيوية للحياة

يوجد في الوقت الحاضر أكثر من بليون شخص يفتقدون وسيلة إلى مورد ثابت للماء النقي. إن الإعلان الألفي موطن العزم في عام 2015 على أن يخفّض نسبة عدد السكان الذين لا يستطيعون الوصول إلى ماء شرب سليم أو لا يستطيعون شراء مثل هذا الماء إلى النصف، وأن يوقف الاستغلال الذي لا يحتمل تعويضه للمياه الجوفية، وتلعب التقنيات النووية في هيدرولوجيا النظائر دوراً مهماً في التعامل مع هذه المشكلة. في عينات المياه بصمات نظيرية نوعية تعطي العمر والأصل والشروط المناخية. لقد أصبحت التقنيات النووية

أداة أساسية في فهم موارد وإدارة المياه بطريقة مستدامة. ويستصبح موارد المياه، التي هي في الأصل نادرة، أثنى قيمة نظراً لازدياد الطلب عليها في التطوير والزراعة، باعتبارهما مستهلكين للماء (يستهلكان 70% من مجموع الماء الذي يسحب من الأنهار والبحيرات والمكامن المائية). هذا وقد قادت دراسات النظائر في بنغلاديش إلى فهم جديد لموارد المياه المتاحة وساهمت كذلك في فهم كيف يدخل الزرنينغ في الطوق المائي water table. ويتكلفه تبلغ حوالي 50.000 دولار أمريكي. ساعدت هذه الدراسات في إعطاء صورة عن الطريقة التي يصرف بها توظيف مال أكبر بكثير (يزيد عن 50 مليون دولار أمريكي).

يمكن أن يكون التأثير ضخماً. وبالفعل فإن عشرات الملايين من الأشخاص في بنغلاديش والبلدان المجاورة، الذين يُسممون بالزرنينغ الكائن في منظومة توريد المياه الجوفية الراهنة، هم بحاجة لإيجاد بديل مستدام. على كل حال، إن قياس التأثير صعب؛ ويجب عند غياب التقنيات النووية استخدام طرائق أخرى، رغم أنها لا تستطيع أن تُقدّم فهماً أفضل من ذلك لمنظومات المياه المعقدة، ولاتزال الحصيلة تنتظر أن تتحقق بشكل تام.

الصحة



فوائد متعددة

تُخدم التطبيقات النووية في الطب مظاهر متعددة من الرعاية الصحية الحديثة. فهي تساهم بشكل مهم في الوقاية والتشخيص والشفاء.

وفي حقل التصوير الشعاعي تتحقّق خطوات كبيرة. فبدلاً من إراءة visualization عظام السيد رونتنجن Roentgen إلى الراديولوجيا الحديثة في طب الأسنان وتقويم الأعضاء، قدمت أشعة X- وسائل رخيصة وغير باضعة لفهم السروروات الأمراض وللإرشاد إلى المعالجة الفعّالة. وتتراوح تطبيقات التصوير من آلات أشعة X- في الوقت الحاضر من أجهزة الأشعة السينية السنوية الرخيصة الثمن نسبياً إلى المواقع ذات المسرعات الخاصة التي تنتج النظائر المشعة من أجل المسوحات بالتصوير المقطعي الطبقي عبر إصدار البوزترونات (PET). ويمكن أن تتراوح استثمارات الأجهزة من عدد قليل من عشرات الآلاف من الدولارات لوحدة أشعة X- إلى ملايين الدولارات لأنظمة التصوير النووي المعقدة. وغالباً تستخدم أشعة X- في كل مكان من أجل التصوير لأكثر من بليونين معالجة سنوياً. ونذكر هنا أن سبعة من أصل كل عشرة أمريكيين تلقوا تشخيصاً بأشعة X- عام 2002. وقد ازداد في السنوات الأخيرة استخدام بعض تقنيات التصوير بسرعة، مثل PET، وذلك بوجود 375 مركزاً منتشرة في جميع أنحاء العالم في عام 2002، مع استثمار للمعدات تزيد كلفتها عن 500 مليون دولار أمريكي.

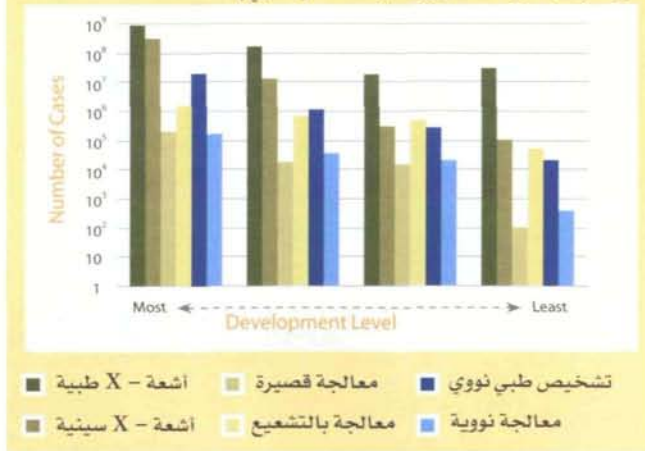
تُستخدم المعالجة الإشعاعية بشكل واسع في معالجة السرطان، فهناك أكثر من 5000 مركز على امتداد العالم تعالج الملايين من المرضى سنوياً، ومن ناحية أخرى تُستخدم المعالجة بالبروتون في 22 مركزاً فقط تنتشر في أحد عشر بلداً قامت بمعالجة ما يقرب من 40.000 مريض حتى تاريخه.

أما الواسمات المشعة في البحوث الطبية الإحيائية فهي أساسية للتقدّم أو الارتقاء في الدراسات الجينومية (genomics) والدراسات البروتيومية (proteomics). وقد التفّت الأطباء أيضاً إلى المستحضرات الصيدلانية الموسومة بالنظائر المشعة التي تلعب دوراً فريداً في استهداف أعضاء نوعية بقصد التصوير أو المعالجة كليهما. ولقد قدر أن النظائر المشعة الطبية قد تمّ تقديمها إلى ثلث عدد المرضى البالغ عددهم 31.7 مليون مريض قبلوا في مشافي الولايات المتحدة عام 2000.

ورغم أن سوق الولايات المتحدة من أجل النظائر المشعة الطبية يبلغ حدود الـ 100 مليون دولار أمريكي، فإن سوقها من أجل المستحضرات

معدل الإجراءات الطبية النووية

من أكثر البلدان تقدماً إلى أقلها تقدماً (نسبي).



الصيدلانية المشعة إنما يبلغ حدود البليون دولار وقد قُدرت التكلفة السنوية لجميع الإجراءات، بأنها تتراوح بين 8 إلى 10 بليون دولار.

وكما تبيّن المخططات البيانية في الصفحة السابقة، هناك فرق هائل واضح وجلي بين الدول المتقدمة والدول الأقل تقدماً حيث إمكانية استعمال الطرق النووية في الطب غير مستثمرة عملياً، وتعمل الوكالة على المساعدة في تحقيق هذه الإمكانية وبخاصة في معالجة السرطان الذي أدى ارتفاعه المثير في العالم المتقدم إلى إجهاد الموارد والمعدات المحدودة مسبقاً. هذ ويمك العالم المتقدم بمجموعه حوالي 2200 آلة

معالجة إشعاعية فقط في حين يمكن أن تكون هناك حاجة ماسة إلى ما يقرب من 5000 آلة لمساعدة المرضى في مكافحة السرطان. ويتوقع الخبراء أزمات طويلة الأمد في التعامل مع السرطان، مع تقدير أن خمسة ملايين مريض جديد بالسرطان يتطلبون معالجة إشعاعية كل عام. إن تأمين معدّات أساسية وتدريب هيئة لمعالجة سليمة لمرضى السرطان في الدول المتقدمة يُشكّل أهمية متزايدة للوكالة الدولية للطاقة الذرية. يستطيع 50% من ضحايا السرطان أن يستفيدوا من المعالجة الإشعاعية التي تتلف الأورام السرطانية.

أطر من أجل التقييم

بالنظر إلى هذه اللقطات الواردة سابقاً، يكون من الضروري أن لا يغيب عن أذهاننا أهمية الأطر التي تنفذ من خلالها. فعلى السوية الدولية أعلنت معاهدة عدم الانتشار النووي واتفاقية الحماية الفيزيائية للمواد النووية واتفاقية السلامة النووية وغيرها معايير أساسية. ومع ذلك، فإن السلامة والأمان النوويين وكذلك الوقاية الإشعاعية ومعها القوانين والقواعد والتعليمات الناظمة حقوقاً وطنية.

يُعدُّ خلق بنية تحتية مناسبة للسلامة والأمن النوويين على المستويين الدولي والوطني والحفاظ عليها مطلباً مسبقاً من أجل اقتصاد نووي مستدام. ولكن، ثمة العديد من التطبيقات أو الفوائد الاجتماعية - الاقتصادية المستمدة من التطبيقات النووية التي لا تتضمن إشعاعاً متأيناً وبالتالي تكون خارج المراقبة النووية النظامية. فالنظائر المستقرة في موارد المياه والغذاء، بالإضافة إلى الاختبارات الطبية الحيوية وكذلك صنوف المحاصيل المحسّنة تعتبر أمثلة مهمة على ذلك.

يجب، في هذه المجالات، أن يعطى اعتبار مناسب للبنية التحتية غير النووية اللازمة لتطبيق التقنيات المعقّدة على قاعدة عريضة وللامتثال للمتطلبات المتخصّصة لعالم يتزايد عولة كما في حال توزيع الغذاء. وبينما يتنامى الإلمام بالتأثير السلبي للطرائق غير النووية فيما يخص إنتاج وتوزيع الغذاء والطاقة، فإن هناك حاجة لزيادة توجيه الاهتمام إلى المجالات التي يمكن فيها للعلوم والتطبيقات النووية أن تقدّم بدائل واقعية الكلفة وقليلة الخطورة.

وعند هذه المرحلة في تطور "الذرة من أجل السلم" تجدر ملاحظة بعض النقاط فيما نحن نحاول تقييمها أفضل لكيفية إسهام العلوم النووية السلمية في بيئتنا العالمية المشتركة وفي التنمية.

✓ على السوية الوطنية والإقليمية، لازالت العلوم والتطبيقات النووية هي النهج الصممي للعمل الأكاديمي والصناعة على الطريق المؤدي إلى مجتمع متقدّم تقنياً.

✓ تستفيد جميع البلدان من التطبيقات النووية ولاسيما في الرعاية الصحية. وبينما يزداد استعمالها بشكل مثير مع التطور الاجتماعي الوطني والتقني والاقتصادي، فإنه يمكن الحصول على فوائد اجتماعية - اقتصادية على جميع سويات التطور.

✓ ولتحقيق أفضل لهذه الفوائد، فإنه يجب جعل هذه الإسهامات جزءاً لا يتجزأ من الفعاليات الاقتصادية الرئيسية مثل الزراعة

والصحة والطاقة. وهناك ضرورة لتقييم تكاليفها وفوائدها ومخاطرها بشكلٍ دقيق.

✓ أثبتت المناقشة الحرّة القائمة على التقييمات المقارنة أن العلوم والتطبيقات النووية غالباً ما تُقدّم أداة الاختيار، وأحياناً تكون الاختيار الوحيد. أما التقييم المستمر فهو ضروري للتأكد من أن فوائد التطبيقات النووية متاحة في تلك المناطق التي تستحق استعمال الذرة.

✓ أصبحت الفوائد الرئيسية حقاً أو مطلباً شرعياً لكل من البلدان المتقدمة والنامية. ويمكن أن تعطي الإستثمارات في البنى التحتية التقنية والسياسية أكلها بسرعة نسبياً، رغم أن بعض النواحي قد يحتاج نضجها عدة سنوات.

✓ وفي المناطق التي لا تهيمن عليها الصناعة الحرة، فإن انتقال البشر، والقدرات والمؤسسات النووية العلمية والتقنية والتنظيمية فيما يخص الغذاء والزراعة والصحة والبيئة تبقى تبغات مهمة تحت وصاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

✓ إن المدى التقديري العددي للتطبيقات النووية بالمقياس العالمي عرضة للعديد من الارتياحات. فإنتاج الكهرباء والطب والصناعة والغذاء والزراعة تعتمد جميعها بمختلف السبل على طاقة الذرة. وقد تبلغ جميع التطبيقات مجتمعة نسباً مئوية عدة من الإنتاج القومي الإجمالي في البلدان المتقدمة جداً.

✓ تبقى الوكالة الدولية للطاقة الذرية هي الجهة المخصّصة لتعيين وتقويم وتسهيل وانتقال العلوم والتطبيقات النووية إلى جميع البلدان الأعضاء. وتثبت خبرات أغنى الجهات الاقتصادية وجود إمكانيات كبيرة لم تستثمر بعد أمام العلوم والتطبيقات النووية لتساهم بشكلٍ مهم في تلبية الاحتياجات الأساسية للبشر حول العالم.

✓ وبوضوح، هناك الكثير مما يجب فعله لاستقطاب جميع أدوات العلوم والتقانة في المعركة ضد الفقر وتحقيق التنمية المستدامة. وقد أظهرت التطبيقات النووية أنها تستطيع أن تُسهم بشكلٍ إيجابي تجاه هذه الأهداف. فزيادة فهمنا لها من جهة والتشارك في الخبرة وفي الدروس المكتسبة من جهة أخرى سوف يُشكّل مكوناً مهماً للتقدم القادم.

فيرنر بيركارت: المدير العام المساعد ورئيس قسم العلوم النووية والتطبيقات، الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

ميخائيل روزينثال: موظف عالي الدرجة في قسم العلوم النووية والتطبيقات، الوكالة الدولية للطاقة الذرية.