التطلُّع إلى مستقبل الموارد المائية وتأثير تغيُّر المناخ

بقلم نيكول جاويرث

كيف سيؤثر تغير المناخ في إمدادات المياه بعد مائة عام من الآن؟ وللإجابة عن أسئلة من هذا القبيل، يستخدم علماء المياه نماذج علمية. ومن بين هذه النماذج نموذج الوكالة لتوازن المياه المدعوم بالنظائر، والذي يمكن أن يساعد الخبراء بدقة وموثوقية على التنبؤ بتأثير تغير المناخ على موارد المياه في المستقبل البعيد. ويمكن أن تدعم المعلومات التي يجمعها هؤلاء الخبراء متخذي القرارات في وضع سياسات للاستخدام المستدام للمياه للأجيال القادمة.

وتعتمد النماذج على البيانات الموجودة وتُسْتَخْدَم لدراسة وفهم الأفكار والأجسام والعمليات التي يصعب مراقبتها مباشرة. ويتضمن ذلك وضع توقعات، مثل التنبؤ بالأحوال الجوية في الأسبوع المقبل أو تقدير معدلات البطالة على مدى السنوات الخمس القادمة. وفي حين تقدم النماذج صيغة أكثر عمومية وتبسيطاً للعالم الواقعي، فإن كل جانب من جوانب النموذج تتمّ معايرته لتوفير انعكاس دقيق لكيفية عمل العالم الحقيقي.

وتصف نماذج توازن المياه دورة المياه من حيث هطول الأمطار، والتبخر النتحي، وتدفق المجاري المائية، والتغيرات في تخزين المياه. وبخلاف العديد من النماذج التقليدية لتوازن المياه، يستخدم نموذج الوكالة النظائر لمعايرة النموذج والتحقق من دقته لأن النظائر متميزة ومتسقة في سلوكها (انظر الصفحة ٤). ويمكن للعلماء، من خلال نموذج توازن مياه جرت معايرته بشكل جيد والتحقق منه، الحصول على تقدير دقيق لما يمكن توقعه في المستقبل، مثل تأثير تغير المناخ في الموارد المائية بعد مائة عام أو أكثر من الآن.

توقعات دقيقة على المدى الطويل

قال ديسي نيداو هابتماريام، الأستاذ المشارك في جامعة أديس أبابا بإثيوبيا، إن الدقة مهمة، بالنسبة إلى أي بلد ومناخ، في هذه الدراسات الطويلة الأجل المتعلقة بالمياه لما يمكن أن يكون للمبالغة أو التهوين في تقدير إمدادات المياه في المستقبل من آثار ضارة.

وقال هابتماريام: "إذا أخطأنا في تقدير مدى سرعة تجدد المياه، على سبيل المثال، وكانت تقديراتنا مرتفعة للغاية، ثم نقلنا هذه النتائج إلى متخذي القرارات، فقد ينفذوا سياسات تؤدي إلى استخراج المياه الجوفية بشكل أسرع من إمكانية تجددها." وتعتبر المياه الجوفية — المياه في طبقة الصخور النفاذية تحت سطح الأرض — مصدراً رئيسيًّا للمياه العذبة بالنسبة لغالبية سكان إثيوبيا. وأضاف هابتماريام: "هذا من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض حاد في إمدادات المياه الجوفية المتاحة، مما قد يعني التخلي عن حُفر السبر وربما يؤدي إلى نقص في مياه الشرب."

ومن ناحية أخرى، يمكن أن يؤدي التهوين في التقدير إلى سياسات صارمة غير ضرورية بخصوص المياه أو إلى التأثير في القرارات المتعلقة بالتنمية، مثل إعاقة التوسع الحضري بسبب نقص الموارد المائية.

وقالت تريشيا ستادنيك، الأستاذة المشاركة في هندسة الموارد المائية بجامعة مانيتوبا في كندا، إنه بالنسبة لهذه الدراسات الطويلة الأجل التي تزيد عن ١٠٠ عام أو أكثر، شكّل الحصول على نتائج دقيقة باستخدام نماذج أخرى لتوازن المياه تحدياً كبيراً. وأضافت قائلة: "تؤدي العديد من نماذج توازن المياه عملاً جيداً للغاية في محاكاة تدفق المياه في الجداول والأنهار وغيرها من المسطحات المائية، ولكنها سيئة للغاية في تحديد كمية التبخر النتحي بشكل صحيح"، في إشارة إلى عملية تبخر المياه من اليابسة وحركة المياه من النباتات إلى الغلاف الجوي. واستطردت قائلة: "بالنسبة لتوقعات تغير المناخ، فهذه مشكلة كبيرة لأن التبخر النتحي هو أحد الأشياء الكبيرة التي ننظر فيها."

وعندما تصبح درجات الحرارة أكثر تطرفاً بسبب تغير المناخ، فإن معدل التبخر النتحي يصبح كذلك أيضاً. وكلما زاد التبخر النتحي، قلَّ الماء على سطح الأرض، والعكس صحيح. وهذا، بدوره، يؤثر في دورة المياه السنوية بأكملها ويمكن أن يؤدي إلى حالات بالغة الشدَّة لا يمكن التنبؤ بها تتأرجح بين قلة المياه بشدَّة، مما يسبِّب الجفاف، وكثرة المياه بشدَّة، مما يسبِّب الفيضانات.

ولا يوجد مناخ محصن ضد هذه التغييرات. ويمكن لهذه التغييرات أن تؤثر في مناخ مثل مناخ كندا، حيث تشكل أكثر من ٦٠٪ من مساحة اليابسة شكلاً من أشكال الجليد السرمدي — أرض متجمدة — وهناك أربعة فصول مميزة، أو مناخ مثل مناخ إثيوبيا،

حيث يكون جزء كبير من البلاد مداريًّا وتبقى درجة الحرارة ثابتة تقريباً على مدار العام.

ويمكن تسجيل هذه الظروف المتنوعة عن طريق تعديل النموذج، مما يجعله قابلاً للتطبيق عالميًّا. ويعمل علماء من العديد من الدول مع الوكالة لتلقي التدريب والدعم في استخدام نموذج الوكالة لتوازن المياه المدعوم بالنظائر وغيره من النماذج لتحسين إدارة الموارد المائية. وفي إثيوبيا، على سبيل المثال، جرى إطلاق مشروع تعاون تقني مدته ثلاث سنوات لدراسة حوض أواش العلوي – وهو خزان كبير للمياه الجوفية يوفر المياه العذبة لأكثر من ٢,٦ مليون شخص. وتنشئ بلدان أخرى، مثل كندا، أو أنشأت بالفعل شبكات لأخذ عينات النظائر لتحسين الدقة عند استخدام نماذج مثل نموذج الوكالة.

يمكن أن يساعد نموذج الوكالة لتوازن المياه المدعوم بالنظائر الخبراءَ بدقة وموثوقية في التنبؤ بتأثير تغير المناخ في موارد المياه في المستقبل البعيد.

(الصورة من: ل. تورو/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

نموذج الوكالة لتوازن المياه المدعوم بالنظائر

يستخدم العلماء نموذج الوكالة لتوازن المياه المدعوم بالنظائر لمحاكاة وتقدير التأثير الطويل الأجل لتغير المناخ في حركة المياه وتوافرها طوال دورة المياه — من الجو إلى سطح الأرض، إلى جوف الأرض ثم تكرار ما سبق. ويدمج هذا النموذج توازن كتلة النظائر لكل عنصر من عناصر توازن المياه في خطوة شهرية لتحسين عملية معايرته والتحقق منه.

ويشمل البرنامج الحاسوبي المفتوح المصدر والسهل الاستخدام الخاص بالنموذج، الذي أُدْخِل لأول مرة في عام ٢٠١٥، أدوات للمعالجة التمهيدية والنمذجة والتحليل لتسهيل توصيل البيانات وتصور النتائج وتحليلها. وهو مصمم للعمل مع مجموعة متنوعة من مجموعات البيانات المحلية والعالمية المتعلقة، من بين أمور أخرى، بالمناخ، والغطاء النباتي، وهطول الأمطار، وتدفق المياه، والطوبوغرافيا، والتربة. وتعتمد البيانات النظيرية المستخدمة لمعايرة النموذج والتحقق من نتائجه عموماً على البيانات المجمعة محليًّا، وكذلك البيانات المستمدة من المستودعات العالمية، مثل الشبكة العالمية لاستخدام النظائر في دراسة الأمطار (GNIP، انظر الصفحة ١٨) والشبكة العالمية لاستخدام النظائر في دراسة الأنهار (GNIR).