



الإزالة الجذرية للكربون

مع تراجع تكلفة الطاقة الخضراء، ينبغي أن يتحول التركيز من تسعير الكربون على مستوى الاقتصاد ككل إلى السياسات القطاعية.

جيمس ستوك

أبدى

قادة العالم قبولهم لتحذيرات العلماء بضرورة ألا ترتفع درجات الحرارة العالمية بأكثر من ١,٥ درجة مئوية أو درجتين مؤويتين لتجنب إلحاق ضرر بالغ بالنظم الإيكولوجية لكوكب الأرض وصحة البشر ورخائهم. وحسب عدة مسوح أجريت مؤخرا، هناك اتفاق شعبي متزايد على أهمية العمل المناخي.

ونتيجة لذلك، وضعت بلدان عديدة وبعض الكيانات دون القومية أهدافا طموحة للحد من انبعاثات غاز الدفيئة. فخلال فصل الربيع الماضي، حددت المملكة المتحدة هدفا لخفض الانبعاثات بنسبة ٧٨٪ بحلول عام ٢٠٣٥ عن مستويات عام ١٩٩٠. وفي الولايات المتحدة الأمريكية، أعلنت إدارة بايدن هدفا (غير ملزم) لخفض صافي انبعاثات غاز الدفيئة بنسبة ٥٠٪ إلى ٥٢٪ بحلول عام ٢٠٣٠ عن مستويات عام ٢٠٠٥. وعلى المستوى دون القومي، وضعت عدة ولايات أمريكية، مثل كاليفورنيا وكولورادو وماساشوستس ونيويورك، تشريعات تستهدف الاقتراب أو الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام ٢٠٥٠.

والواقع أن الأزمة المناخية من الأهمية بما لا يسمح بتحول هذه الأهداف إلى وعود واهية. فما السياسات اللازمة إذن لتحويل هذه الأهداف الطموحة إلى أفعال على أرض الواقع؟

يوصي الاقتصاديون عادة بفرض آلية قوية لتسعير الكربون على مستوى الاقتصاد ككل. فتسعير الكربون في البداية بسعر معتدل يُتوقع ازدياده بمرور الوقت سيثبث الأفراد على استخدام مصادر طاقة ذات انبعاثات كربونية أقل مقارنة بالوقود الأحفوري، والشركات ومحطات توليد الكهرباء على التحول من الوقود الأحفوري إلى مصادر طاقة أولية منخفضة الكربون. ويساهم تسعير الكربون على مستوى الاقتصاد ككل في خفض الانبعاثات بكفاءة في القطاعات والتطبيقات التي يسهل فيها تحقيق هذا الخفض بأقل التكاليف، كما يضمن في الوقت نفسه كبح تكلفة التطبيقات التي يصعب تخليصها من الكربون ضمن حدود معقولة. وحسب طبيعة آلية تسعير الكربون المطبقة، يمكن استخدام الإيرادات الناتجة عنها في تخفيض الضرائب التشويهية في قطاعات أخرى أو تنفيذ الاستثمارات العامة اللازمة.

وهذه التوصية مردود عليها غالبا بأنها تغفل الواقع السياسي الذي يقضي بأن تسعير الكربون لا يحظى بالشعبية، لا سيما من خلال فرض ضرائب على انبعاثات الكربون. ورغم الجهود الهائلة المبذولة على مدار عدة

عقود، لا تغطي برامج تسعير الكربون سوى نسبة بسيطة من انبعاثات الكربون العالمية، كما أن البرامج الحالية عادة ما تفرض سعرا منخفضا على الانبعاثات.

ويوجد في الوقت الحالي سبب إضافي يستدعي إعادة النظر في تسعير الكربون على مستوى الاقتصاد ككل. فقد تم استحداث ضريبة الكربون في وقت كان يُتوقع فيه أن تظل تكلفة الطاقة الخضراء أعلى بكثير مقارنة بالوقود الأحفوري. ولكن أسعار الطاقة الخضراء، لا سيما الكهرباء المتولدة عن طاقة الرياح والشمس، انخفضت بالفعل مقارنة بأسعار الطاقة المتولدة عن الوقود الأحفوري، وهو ما أصبح واقعا ملموسا أو وشيكا على الأرجح في أنحاء عديدة حول العالم، فضلا عن التراجع الحاد في تكلفة استخدام الكهرباء الخضراء - كالسيارات الكهربائية على سبيل المثال. فما الطريقة التي تنصح بها السياسة المناخية لإحداث التغيير المرجو في عالم قد تصبح فيه الطاقة الخضراء هي الخيار الأقل تكلفة؟

ثلاثة مؤثرات خارجية

هناك ثلاثة عوامل خارجية (على الأقل) تؤثر على سياسات التحول إلى الطاقة الخضراء، وهي غازات الدفيئة، والابتكار، والتأثير الشبكي (أو مشكلة الدجاجة والبيضة) أحيانا. وينشأ المؤثر الخارجي الأول المرتبط بغازات الدفيئة بسبب أن تكلفة الضرر الذي يصيب الآخرين حاليا ومستقبلا لا يتحملها الطرف الذي يقوم بحرق الوقود الأحفوري. ويمثل الابتكار مؤثرا خارجيا أيضا نظرا لأن المكاسب المالية الناتجة عنه عموما لا يمكن أن تؤوّل بالكامل إلى المبتكر. ويبرر ذلك الدعم المالي الذي يقدمه القطاع العام للبحوث الأساسية، كما ينطبق على جوانب أخرى أيضا في عالم الابتكار، كالتعلم بالممارسة في مجالات الإنتاج والإدارة والذي لا يمكن أيضا احتكار المكاسب الناتجة عنه. وفي سياق التحول إلى الطاقة الخضراء، عادة ما ينشأ التأثير الشبكي نتيجة البنية التحتية. ومن أمثلة ذلك السيارات الكهربائية ومحطات الشحن: فعدم وجود عدد كاف من محطات الشحن يكبح الطلب على السيارات الكهربائية، ولكن عدم وجود عدد كاف من هذه السيارات يكبح عرض القطاع الخاص من محطات الشحن. وفي هذه الحالة، دائما ما يتحقق التوازن في صورتين: إما سيارات كهربائية ومحطات شحن قليلة، أو سيارات كهربائية ومحطات شحن عديدة.

وقد ركز علماء الاقتصاد البيئي في السابق على المؤثر الخارجي الأول المرتبط بغازات الدفيئة، ولهم مبرراتهم. فعلى مدار المائة سنة الماضية، كان صدور انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أقل تكلفة من منعها عند إنتاج الطاقة واستخدامها. وفي هذه الحالة، تستهدف السياسة البيئية تشجيع الانضباط

تمتلك جراجات خاصة، مما يؤثر بدوره على نوع السيارات الكهربائية التي يتم إنتاجها. ويمكن المساعدة في التغلب على مشكلة الدجاجة والبيضة من خلال السياسات التي تدعم توفير شواحن موثوقة على نطاق واسع لشحن السيارات ليلا أو في محل العمل، مما سيعجل بالتحول ويضمن زيادة الحصة السوقية للسيارات الكهربائية.

وعلى الجانب الآخر، لن يكون لضرائب الكربون المعتدلة سوى تأثير محدود على مشتريات السيارات الكهربائية نظرا لقلّة تكلفتها (ففرص ضريبة كربون بقيمة ٤٠ دولارا أمريكيا للطن يعني أن الضريبة على غالون البنزين تساوي ٠,٣٦ دولار أمريكي). والواقع أن دراسات عديدة تنظر فيما إذا كان مشتري السيارة يأخذ في اعتباره سعر الوقود وقت الشراء. وتلخص هذه الدراسات عادة إلى أن المشتري لا يأخذ في اعتباره سعر الوقود إلا بشكل جزئي فقط. وبالنسبة لسيارات النقل الخفيف والمتوسط، نجد أن التصدي للمؤثرات الشبكية أو مؤثرات الابتكار المرتبطة بالبطاريات المتطورة أكثر فعالية وتأثيرا مقارنة بتسعير الكربون. وتهدف تلك السياسات إلى تسهيل التحول من نقطة التوازن الحالية حيث يقل عدد مالكي السيارات الكهربائية إلى نقطة توازن مستقرة حيث يزداد عدد مالكي السيارات الكهربائية وتقل تكلفتها، وهي بالتالي سياسات محدودة المدة وتكلفتها غير منكرة.

وفي المقابل، تنشأ عن قطاع الطيران انبعاثات كبيرة ومتزايدة من ثاني أكسيد الكربون يصعب تخليصه منها على ما يبدو. ويوجد اهتمام كبير في الوقت الحالي بالوقود الجوي المستدام منخفض الكربون. ويمكن إنتاج هذا الوقود بالطرق التقليدية، مثل تحويل مخلفات الزيوت النباتية والمحاصيل الزيتية إلى وقود جوي متجدد، أو بالطرق المتطورة - كالكحوليات منخفضة أو سالبة الكربون، مثل الإيثانول المستخرج من أعشاب الطاقة الذي يتم تحويله إلى وقود جوي. ولكن في تقريرها السنوي عن آفاق الطاقة لعام ٢٠٢١،

توقعت إدارة معلومات الطاقة الأمريكية أن يبلغ سعر الوقود الجوي المستخلص من البترول ٢,٧٧ دولار أمريكي للغالون عام ٢٠٥٠ (على أساس قيمة الدولار الأمريكي عام ٢٠٢٠). ومن الصعب تصور وجود أي منافسة بين الوقود الجوي المستدام والوقود الجوي المستخلص من البترول عندما تبلغ قيمة الأخير ٢,٧٧ دولار أمريكي دون وجود ضريبة كربون ضمنية أو صريحة لدعم هذه المنافسة. ويعتمد التحول إلى استخدام الوقود المستدام على توفير تمويل ضخم لمواجهة مؤثرات الابتكار، ثم على فرض سعر مرتفع على انبعاثات الكربون (سواء سعر صريح أو معيار للوقود النظيف في قطاع الطيران) عندما يصبح الوقود المستدام متاحا على نطاق واسع. ويعد تسعير الكربون من خلال فرض معيار للوقود الجوي تحديدا خطوة حرجة للغاية. فالتعجيل بتنفيذ المعيار قد يؤدي إلى تفضيل الجيل الأول من الوقود وعدم توفير دعم كاف لأنواع الوقود الأخرى منخفضة أو سالبة الكربون التي يمكن التوسع في إنتاجها، وهو ما حدث بالفعل عندما أخفق معيار الوقود المتجدد الأمريكي في دعم استخدام الجيل الثاني

الذاتي من خلال سياسات مثل تسعير الكربون ومعايير كفاءة استخدام الطاقة، وكذلك التشجيع على تعديل السلوكيات، كالحد من الانتقال بالطائرات والسيارات.

ولكن أمرين قد تغيرا. أولا، تراجمت تكلفة إنتاج الكهرباء النظيفة باستخدام طاقة الرياح والشمس تراجعا كبيرا إلى الحد الذي أصبح معه بناء نظم جديدة لتوليد طاقة الشمس والرياح على نطاق واسع، في بعض مناطق الولايات المتحدة، أقل تكلفة من تشغيل المولدات الحالية التي تعمل بالفحم والغاز الطبيعي. وثانيا، قريبا قد يصبح استخدام الطاقة النظيفة في بعض التطبيقات أقل تكلفة من استخدام الوقود الأحفوري، وإن كانت توجد اختلافات كبيرة بين القطاعات.

خفض تكلفة الطاقة الخضراء

تتوقف إمكانية توفير الطاقة الخضراء بأسعار زهيدة على حدوث تحول جذري في طريقة تفكيرنا إزاء سياسة المناخ - أي التفكير في كيفية خفض تكلفة الطاقة الخضراء بدلا من التفكير في كيفية رفع تكلفة الطاقة غير النظيفة. ورغم أن إمكانية تحقيق توازن أخضر منخفض التكلفة ليست أمرا مؤكدا بأي حال من الأحوال، فإن نجاحنا ومعدل تقدمنا نحو بلوغ هذا الهدف يتوقفان على السياسات المطبقة.

وفي ظل الإخفاقات السوقية المتعددة، أصبحت كفاءة السياسات مرهونة بتوافر أدوات عديدة. فكل قطاع أو بلد مختلف عن نظيره، ولا يوجد بالتالي مزيج واحد من الأدوات يلائم الجميع. بل إن مجموعة السياسات الأكثر كفاءة في قطاع ما عادة ما لا تكون الخيار الأمثل في قطاع أخرى. لذلك يتعين تصميم مزيج أدوات السياسة المناخية على نحو يتناسب مع طبيعة الإخفاقات السوقية والتطورات التكنولوجية والتحديات المؤسسية في كل مجال على حدة لضمان كفاءة هذه الأدوات.

ولنأخذ هنا سيارات النقل الخفيف والمتوسط كمثال. فخلال العقد الحالي، تتجه أسعار السيارات الكهربائية الجديدة إلى التراجع دون أسعار السيارات التقليدية المماثلة التي تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي. وينتج هذا التراجع عن الانخفاض الحالي الملحوظ في أسعار البطاريات وتزايد خبرة المصنعين في إنتاج السيارات الكهربائية والتطور الوشيك في تكنولوجيا البطاريات. علاوة على ذلك، تعد تكلفة تشغيل وصيانة السيارات الكهربائية أقل مقارنة بالسيارات التقليدية.

غير أن التحول إلى استخدام السيارات الكهربائية ليس أمرا مؤكدا، وإن كان يمكن للسياسات التعجيل به ودعمه على أي حال. وتحديدا، تمثل محطات الشحن (الدجاجة والبيضة) مؤثرا خارجيا ينطوي على تحديات كبيرة. فعدم وجود عدد كاف من محطات الشحن البطيء (المستوى الثاني) سيضطر مالكي السيارات الكهربائية إلى توفير مصدر خاص للحصول على طاقة الشحن اللازمة - مما يعني ضرورة توافر جراج خاص لتزويد الشاحن الكهربائي. لذلك ليس من المستغرب تركيز مشتريات السيارات الكهربائية في الأسر الأعلى دخلا التي

كيف يمكن لعلماء الاقتصاد المساعدة في هذا الصدد؟

ركزت هنا على المسوغات الاقتصادية للتحويل من تسعير الكربون على مستوى الاقتصاد ككل إلى السياسات القطاعية. ويدعم هذه المسوغات العزوف الواضح من جانب النظام السياسي عن استخدام آليات التسعير الصريحة. لكن النظام السياسي قد تكون له مصلحة في السياسات القطاعية أيضا — نظرا لأنها تبدو أقل تكلفة مقارنة باليات التسعير على مستوى الاقتصاد ككل، وهو ما يرجع جزئيا إلى أن غير الخبراء غالبا ما لا يدركون طبيعة هذه السياسات — مما قد يؤدي إلى عدم كفاءتها. ونظرا لحجم التحديات الناجمة عن خفض انبعاثات الكربون، يتعين ضمان كفاءة تكاليف هذه السياسات قدر الإمكان. فلا يسعنا إنفاق تريليونات الدولارات على سياسات تخفف في تحقيق إزالة جذرية للكربون. وغالبا ما تتناول الأسئلة المتعلقة بتصميم السياسات المناخية القطاعية تفاصيل دقيقة للغاية. كيف يمكن تصميم سياسات محطات الشحن بحيث تساهم في زيادة معدلات الإقبال على السيارات الكهربائية واستخدامها بدلا من مجرد توفير تحويلات دون حدية لمحطات كان سيتم بناؤها في جميع الأحوال؟

ونظرا لحجم التحديات الناجمة عن خفض انبعاثات الكربون، يتعين ضمان كفاءة تكاليف هذه السياسات قدر الإمكان.

هل يعد الاستثمار في السياسات الصناعية الخضراء — كدعم الإنتاج المحلي للطائرات — وسيلة فعالة من حيث التكلفة للحد من الانبعاثات على المدى الطويل؟ هل يرجح انتقال تأثير الدعم المقدم على شراء السيارات الكهربائية إلى المستهلك بحيث يؤدي بالتالي إلى زيادة المبيعات؟ ما السياسات الأكثر كفاءة التي من شأنها إحداث طفرة هائلة في تطوير الوقود الجوي المستدام منخفض الكربون؟

إن علماء الاقتصاد يجيدون تحليل الحوافز، والتنبؤ بالنتائج غير المقصودة، وتقييم تكاليف السياسات المقترحة ومنافعها. غير أن أحد التحديات العملية التي تواجههم عند العمل على السياسات القطاعية يتمثل في أن هذه السياسات قد تصبح متخصصة للغاية، والآخر أن خبراء الاقتصاد الأكاديمي لا يستطيعون مواكبة السرعة التي تتطور بها السياسات. وهنا يكمن الدور الذي يمكن أن تضطلع به المؤسسات العالمية المعنية بالسياسات الاقتصادية، مثل صندوق النقد الدولي، من خلال تعزيز وتقديم الخبرات القطاعية المتخصصة لتشجيع التحويل مستقبلا إلى طاقة أكثر خضرة - وأقل تكلفة في أحيان عديدة. **FD**

جيمس ستوك أستاذ كرسي هارولد هيتشينغز برانك في الاقتصاد السياسي بكلية هارفارد للاقتصاد وكلية هارفارد كينيدي، كما عمل بمجلس المستشارين الاقتصاديين للرئيس أوباما خلال الفترة ٢٠١٣-٢٠١٤ حيث تولى ملف المناخ والطاقة.

من الإيثانول منخفض الكربون. ويمكن استخدام الوقود الجوي المستدام في محركات الطائرات التقليدية، كما يعتمد على نفس البنية التحتية المستخدمة في حالة الوقود البترولي، لذلك تقل أهمية المؤثرات الشبكية في هذه الحالة. ويعني ذلك حاجة قطاع الطيران الآن إلى سياسات تدعم بقوة تطوير وقود جوي مستدام منخفض الكربون يمكن التوسع في إنتاجه وطرحه في الأسواق، والتزام حقيقي برفع سعر انبعاثات الكربون في القطاع مستقبلا.

وتؤثر العوامل الخارجية الثلاثة المذكورة على قطاع الكهرباء خلال هذه المرحلة الانتقالية. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تعد نظم توليد الكهرباء الجديدة باستخدام طاقة الرياح والشمس أقل تكلفة مقارنة بالفحم والغاز الطبيعي في بعض، وليس كل، أنحاء البلاد. ونتيجة لذلك يتضح من نموذج قطاع الكهرباء في الولايات المتحدة ضرورة تطبيق سياسة وطنية تتضمن آلية فعالة لتسعير الكربون — كمييار للكهرباء النظيفة — من أجل تحقيق خفض كبير في انبعاثات الكربون على المدى القريب بنسبة ٨٠٪ تقريبا بحلول عام ٢٠٣٠. وستتطلب الإزالة الجذرية للكربون استحداث ابتكارات للمساعدة في تحقيق خفض كبير في تكلفة تكنولوجيات التخزين. كذلك فإن البنية التحتية لقطاع الكهرباء الأمريكي تفرض قيودا على القدرة على نقل الكهرباء الخضراء من المناطق التي تمتلك رصيذا كبيرا من الموارد المتجددة إلى مراكز الطلب.

كذلك يواجه قطاع الكهرباء تحديات مؤسسية جسيمة، كالقدرة التنظيمية والمادية على التسعير وإدارة الأحمال على أساس توقيت الاستخدام خلال اليوم، والمشكلات المؤسسية والسياسية المرتبطة بتحديد مواقع خطوط نقل الكهرباء الجديدة. وبالنسبة لقطاع الكهرباء، من الضروري دعم البحوث وتطوير تكنولوجيات التخزين طويلة الأجل ومعالجة أوجه القصور العديدة في البنية التحتية والمؤسسات. ولكن الخطوة الأولى والأهم تكمن في تطبيق سياسة قطاعية، كمييار للكهرباء النظيفة، بغرض تسعير انبعاثات الكربون.

ولا يعني ذلك أن فرض ضريبة كربون على مستوى الاقتصاد ككل أصبحت أداة غير مرغوبة. فخفض الانبعاثات الكربونية الناتج عن تطبيق معيار للكهرباء النظيفة، والتأثير المحدود لهذا المعيار على أسعار الكهرباء، يمكن تحقيقه من خلال فرض ضريبة كربون على مستوى الاقتصاد ككل وتقديم دعم حكومي على الكهرباء المتجددة، فضلا عن أن هذه الضريبة ستؤدي إلى خفض الانبعاثات الكربونية إلى حد ما في قطاعات أخرى أيضا. وبالنسبة لقطاع الطيران، سيساعد فرض ضريبة كربونية على الاقتصاد ككل في دعم استخدام البدائل منخفضة أو صفرية الكربون التي لا تزال عالية التكلفة بدلا من الوقود البترولي خلال عقدين من الآن. ولكن المقصود هو أن آلية تسعير الكربون على مستوى الاقتصاد ككل أصبحت أقل أهمية حاليا مما كانت عليه عندما كانت الطاقة الخضراء لا تزال مرتفعة التكلفة. فهذه الآلية، وإن ظلت مرغوبة، تفتقر إلى الكفاءة في حد ذاتها ولن تكفي لإزالة الكربون جذريا إذا ما تم تطبيقها بالأسعار المقبولة سياسيا.