

تعليق

موثوقية نظام المناخ والطاقة في أعقاب حالات انقطاع التيار الكهربائي في ولاية تكساس الأمريكية

يوليو 2021

ماري بيتيت وبورسين أونيل ورولان دو فوينتيس وفرانك فيلدر



أكدت حادثة انقطاع التيار الكهربائي التي شهدتها ولاية تكساس الأمريكية في شهر فبراير هذا العام أهمية وجود أنظمة طاقة تتمتع بالموثوقية والمرونة. وندناول بالنقاش في هذا التعليق، أدوار الهيئات التنظيمية والأسواق وسلاسل إمدادات الوقود والتوليد، والبنى التحتية المترابطة التي نعتقد أنه يتعين معاودة النظر فيها وإعادة تحديدها من أجل النجاح في مواجهة التحديات المستقبلية المتمثلة في تزايد معدلات توليد الطاقة الكهربائية "الكهربة" والأحوال الجوية القاسية.



ينبغي أن تستند استجابة السياسات للأحوال الجوية القاسية والمزيج المتغير لتوليد الطاقة في قطاع الصناعة إلى هندسة الشبكة واقتصاداتها والتكامل بين السياسات التنظيمية والسوقية، وأن تمتد إلى ما يتجاوز قطاع الطاقة

يؤدي تغير المناخ والأحوال الجوية القاسية إلى إجهاد شبكات الطاقة الكهربائية، في حين تعمل السياسات المتعلقة بتغير المناخ على زيادة دور الكهرباء في مجالات النقل والتدفئة والعمليات الصناعية، غير أن انقطاع الكهرباء الكارثي الذي شهدته ولاية تكساس في شهر فبراير 2021 قد أكد أهمية الموثوقية والقدرة على التكيف مع المناخ، وأثار العديد من التساؤلات بشأن أدوار الأسواق والوقاية من العوامل الجوية لإمدادات الوقود ولشبكات الكهرباء، ومصادر الطاقة المتجددة، وعملية نقل الكهرباء عبر شبكات الربط الكهربائي، والهيكل التنظيمية في صناعة الطاقة الكهربائية. ومن المعلوم بالضرورة أن هذا الحدث الجلل قد وقع أثناء موجة برد أدت إلى انخفاض درجات الحرارة في تكساس إلى أدنى مستوياتها منذ أكثر من 30 عامًا، مؤدية إلى فقد ملايين الأشخاص للطاقة الكهربائية وفقدان العشرات لأرواحهم.

ينبغي أن تستند استجابة السياسات المتعلقة بالأحوال الجوية القاسية والمزيج المتغير لتوليد الطاقة في الصناعة إلى هندسة الشبكة واقتصاداتها، والتكامل بين السياسات التنظيمية والسوقية، وأن تمتد إلى ما يتجاوز قطاع الطاقة. تقدم هذه الورقة نظرة عامة بشأن كيفية معالجة الموثوقية في أنظمة الطاقة وتحدد التحديات المستقبلية الرئيسية.

من هذا المنطلق نطرح الأسئلة التالية:

- **الأدوات:** هل تعد الأدوات المتوفرة لدينا حاليًا (تعريفات التغذية الكهربائية، وأسواق القدرة الإنتاجية، وتحديد قيمة الحمولة المفقودة [VOLL] وخلافها) كافية لحل مشكلة كفاية الموارد في حالة تكرار وقوع الأحوال المناخية القاسية؟
- **اللوائح التنظيمية:** بالنظر إلى أن تأثير الأحوال المناخية القاسية تسبب في تعطل أجزاء متعددة من نظام الطاقة الكهربائية في وقت واحد، إلى جانب إنتاج وتسليم الغاز الطبيعي، فهل حان الوقت لتنسيق تنظيم كلا القطاعين لتحسين الموثوقية؟
- **التخفيف من آثار تغير المناخ مقابل التكيف معها:** يعد التخفيف والتكيف أمران متكاملان في إطار استجاباتهما لتغير المناخ. ومع ذلك، ونظرًا لأن أدوات السياسات التي تعمل على تشجيع استخدام مصادر الطاقة المتجددة (التخفيف من الانبعاثات) قد تزيد من آثار الأحداث المناخية القاسية (التكيف)، فكيف ينبغي التوفيق بين هاتين المسألتين؟



خطوات تمهيدية هامة: تغيّر المناخ والأحوال الجوية القاسية وحالات انقطاع التيار الكهربائي وأسواق التوليد الكهربائي

لا شك أن تغيّر المناخ يؤثر على أنماط الطقس، بما في ذلك تأثيره في المساهمة المحتملة في وقوع الأحوال الجوية القاسية، غير أنه لا يمكن ربط أي حدث فردي من الأحوال الجوية القاسية هذه بتغيّر المناخ (Chandramowli and Felder 2014). تشمل الأمثلة الحديثة للظواهر الجوية القاسية في الولايات المتحدة الأمريكية الدوامات القطبية في دول شمال ووسط الأطلسي، والطقس شديد الحرارة والبرودة في تكساس، والأعاصير على طول ساحل المحيط الأطلسي. كما يمكن أن تؤدي الأعطال ذات الأسباب الشائعة مثل الأحوال الجوية القاسية إلى تعطل المعدات على نطاق واسع في مكونات توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، مما يؤدي بدوره إلى حالات انقطاع التيار الكهربائي على نطاق واسع وطويل الأجل. فعلى سبيل المثال، أدت الأحوال الجوية القاسية شديد البرودة التي شهدتها ولاية تكساس في شهر فبراير من هذا العام (2021) إلى الحيلولة دون توليد كميات كبيرة من الطاقة التقليدية والمتجددة من إنتاج الكهرباء. كما يمكن من ناحية أخرى، أن تؤدي الأعاصير إلى حدوث أعطال واسعة النطاق في مكونات التوزيع.

يؤدي وجود نظام كهربائي موثوق إلى توفير الكهرباء للمستهلكين في حدود الكميات المطلوبة، بل إن النظام المرن يتعافى بوتيرة أسرع من حالات انقطاع التيار الكهربائي، ويعمل على التخفيف من حدة آثار فقد الجهد الكهربائي

يؤدي وجود نظام كهربائي موثوق إلى توفير الكهرباء للمستهلكين في حدود الكميات المطلوبة، بل إن النظام المرن يتعافى بوتيرة أسرع من حالات انقطاع التيار الكهربائي، ويعمل على التخفيف من حدة آثار فقد الجهد الكهربائي. كذلك يتراكم قطاع الكهرباء مع البنى التحتية الحيوية الأخرى، وينبغي أن يكون قادراً على التكيف بشكل جماعي مع حالات انقطاع التيار الكهربائي عن طريق توفير الخدمات الحيوية، مثل التدفئة والتبريد والاتصالات والسلامة العامة والرعاية الصحية أثناء حالات انقطاع التيار الكهربائي.

تخضع أنظمة التوزيع والنقل لعملية تنظيم، بمعنى أن الهيئات التنظيمية تعمل على تحديد مستويات الاستثمار وأسعار وجودة وموثوقية الخدمات التي يوفرها الاحتكار المنظم أو المرافق المملوكة للحكومة. كذلك يتم توفير التوليد من خلال سوق البيع بالجملة (وربما خدمة البيع بالتجزئة مثلما هو الحال في تكساس، التي تتألف من خدمات شراء الكهرباء). والواقع أن الجزم إذا ما كان تصميم سوق البيع بالجملة في تكساس قد لعب دوراً هاماً في حالات انقطاع التيار الكهربائي الأخيرة يعتبر مسألة مثيرة لخلاف كبير، رغم أنها ليست سوى جزء من قضية أشمل تتعلق بتحديد ماهية أدوار التنظيم والأسواق في تحقيق الموثوقية والمرونة في قطاع الطاقة الكهربائية.

تكساس وسوقها المخصصة "للطاقة فقط"

كان تصميم السوق المخصصة "للطاقة الكهربائية فقط" في تكساس يُعتبر حتى شهر فبراير 2021 نموذجاً متفرداً يحتذى به الكثيرون لإصلاح الكهرباء، ويعكس التوجهات السوقية في هذه الولاية. ويقوم مجلس الموثوقية الكهربائية في تكساس (إركوت) بتشغيل الشبكة، بينما تنتج مولدات الطاقة الكهرباء لسوق الجملة بالتسعير العقدي، ويتنافس حوالي 300 كيان من مقدمي خدمات الكهرباء بالتجزئة على مستهلكي التجزئة.

يقترح نموذج مجلس الموثوقية الكهربائية في تكساس (إركوت) من النموذج النظري الوحيد للطاقة، ولقد تم تصميم آلية تسعير النقص في التوليد لتوفير عنصر واحد بالغ الأهمية من عناصر الموثوقية المتمثل في توفير موارد كافية لتوليد الطاقة. ويجب أن تتولى سوق الطاقة وحدها في الحالة المثالية ومن الناحية النظرية، تحديد قيمة الحمولة المفقودة (VOLL) واحتمال فقد الحمل الكهربائي (LOLP). إلا أن المنظمين يقومون بدلاً من ذلك، بتحديد قيمة الحمولة المفقودة، ويتولى مجلس الموثوقية الكهربائية في تكساس (إركوت) عملية احتساب احتمالية فقد الحمل الكهربائي. إلا أن ولاية تكساس تمتعت بالرغم من ذلك بمتوسط أسعار كهرباء تقل عن الأسعار الأمريكية منذ أن قامت بتحرير سوق الكهرباء في أوائل العقد الأول من القرن الحالي (يرجع ذلك جزئياً إلى سوق البيع بالجملة، إضافة إلى وفرة الغاز الطبيعي).

نظراً لأن الطقس البارد والقارس الذي شهدته ولاية تكساس في شهر فبراير 2021 يعد نادر الحدوث نسبياً، إلا أن شركات إنتاج الغاز الطبيعي وتوصيله لم تستثمر في تجهيز معداتها استعداداً وتحسباً لحدوث فصل الشتاء. ومما زاد من تعقيد الأمر، أن الدولة حددت في عام 1999 أهدافاً لمصادر الطاقة المتجددة التي تشكل الآن ما يقرب من 25% من قدرة التوليد في تكساس التي تعمل كلها تقريباً بطاقة الرياح. وبما أن طاقة الرياح والطاقة الشمسية تعد متغيرة، فإن ذلك يجد من قدرتها على تحقيق التوازن بين حركتي العرض والطلب الأمر الذي يجب أن تضطلع به أنظمة الطاقة باستمرار لتجنب حالات انقطاع التيار الكهربائي. علاوة على ذلك، لا يستطيع مجلس الموثوقية الكهربائية في تكساس (إركوت) سوى استيراد كميات قليلة فقط من الطاقة الكهربائية من المناطق الأخرى، مما يحد بشدة من قدرة المناطق المجاورة على توفير الطاقة الضرورية في حالات الطوارئ. ومع ذلك، فإن هذا يضمن خضوع نزر من سوق الكهرباء في تكساس إلى اللوائح الفيدرالية الأمريكية.

نورد فيما يلي ووفقاً لسياق مجلس الموثوقية الكهربائية في تكساس (إركوت)، بعض حلول السياسات الفورية لحالات انقطاع التيار الكهربائي على نطاق واسع:

- زيادة قيمة الحمولة المفقودة.
- تركيب معدات خاصة بفصل الشتاء عن طريق إنشاء آليات تعمل على تحفيز الشركات (إما من خلال فرض العقوبات أو توفير المزايا) التي تتنازل عن أرباح قصيرة الأجل لضمان تحمل معداتها للأحوال الجوية القاسية.
- تقييم مدى ملاءمة إنشاء سوق للقدرات الإنتاجية أو وضع متطلبات إلزامية لهذه القدرات، ويتعين على هذه الآلية أن تأخذ في اعتبارها الأحوال الجوية القاسية وأن تعمل على حفز تجهيز المعدات استعداداً لحلول فصل الشتاء.
- زيادة التجارة بين الأقاليم عن طريق الاستثمار في الربط الكهربائي مع شبكات الكهرباء الأخرى.
- تعزيز السعة التخزينية للشبكة لزيادة قدرة توليد الطاقة المتجددة على الإسهام في تحقيق التوازن بين حركتي العرض والطلب.

ستعمل النهج أعلاه بصفة أساسية باعتبارها بوليصة تأمين تحسباً لحالات انقطاع التيار الكهربائي، وسيتحمل مستهلكو بيع الكهرباء بالتجزئة تكاليف تنفيذ هذه السياسات من أجل تحسين الموثوقية في الأوقات العادية، والحد من المشكلات الناجمة عن الأحوال الجوية القاسية النادرة الحدوث نسبياً، إلا أن من شأن إنفاذ هذه الإجراءات أن يتداخل أيضاً مع السوق التي تعمل بفعالية في بقية الأوقات. وقد تتغير هذه المقايضة إذا أصبحت الأحوال الجوية القاسية أكثر تواتراً، أو أكثر حدة، أو أطول أمداً بسبب تداعيات التغيرات المناخية. سيتطلب هذا السيناريو الأخير إدخال عدة تغييرات على الإطار التنظيمي الحالي للسوق، مما يستلزم وضع سياسات تتجاوز الحلول الفورية المذكورة أعلاه.

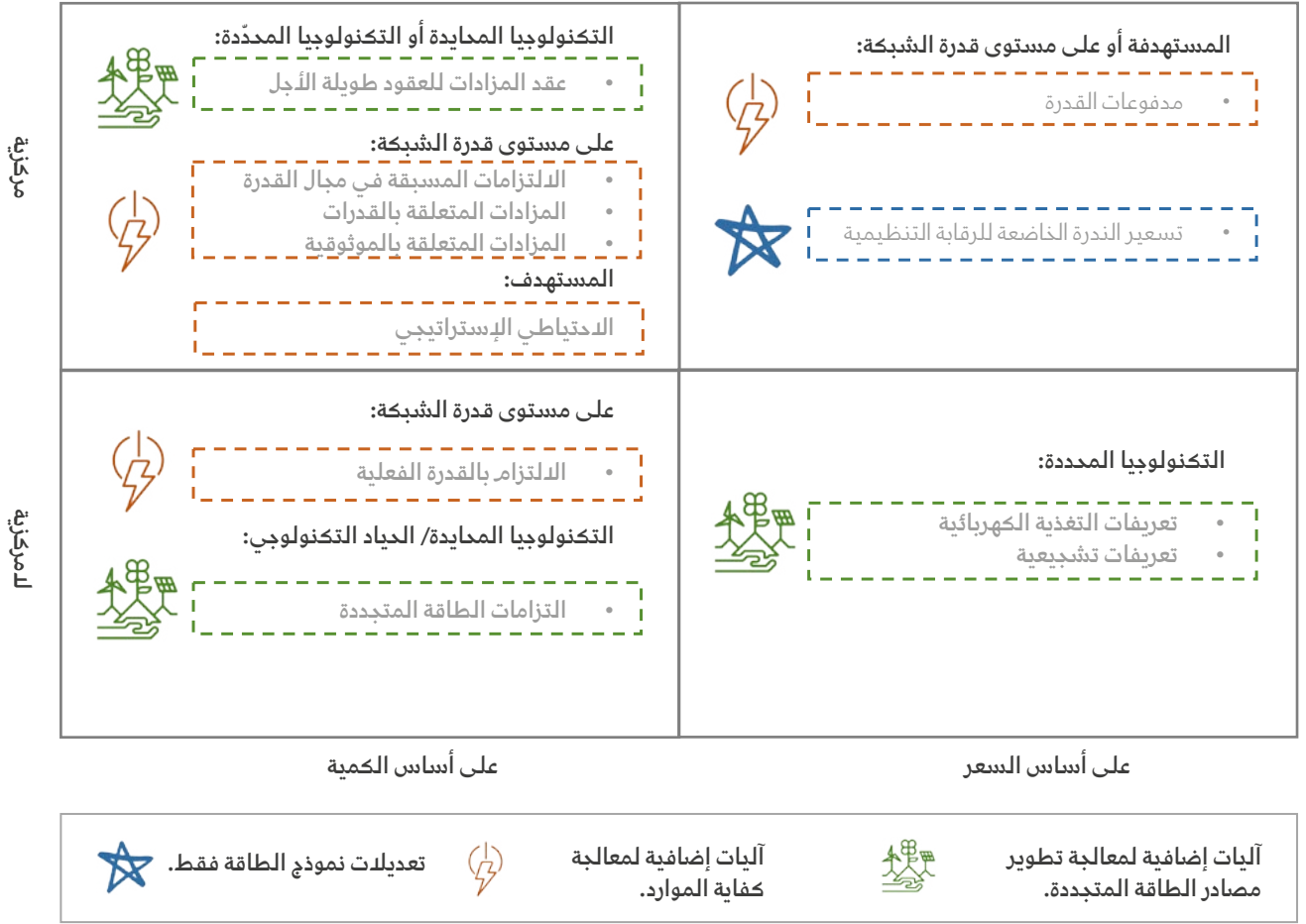
بينما قد يمثل الاقتراح غير المنطقي هنا في تعميق النهج السوقية، وعلى الرغم من أن الموثوقية تمثل أحد الأهداف الرئيسية لمُشغلي أنظمة الطاقة، إلا أن هنالك درجات متعددة من الموثوقية تبعاً لتواتر أو حجم أو طول فترات انقطاع الكهرباء. فعلى سبيل المثال، قد تكون موجة البرد أو الحر التي تحدث مرة كل عقد من الزمان، وتتسبب في حدوث حالات انقطاع التيار الكهربائي لبضع ساعات أمراً يمكن التعايش معه. ورغم ذلك وكما كشفت أزمة تكساس، فإن الأيام العديدة التي لا تتوفر فيها الطاقة الكهربائية أو خدمة التدفئة أثناء درجات الحرارة شبه المتجمدة تتسبب في تكبد تكاليف باهظة للغاية من حيث الخسائر في الأرواح أو الأضرار الاقتصادية. ونجد بين هذين السيناريوهين، العديد من الخيارات البديلة التي تجمع ما بين الحلول التكنولوجية والأسعار والتكاليف وتفضيلات المستهلكين. إلا أنه يبقى سؤال هام يطرح نفسه في هذا الصدد: ما المزيج الملائم من الحلول التخطيطية والتكنولوجية والسوقية التي ينبغي اتباعها للتصدي للطبيعة الجديدة لمشكلات الأحوال الجوية القاسية؟

الأساليب الأخرى القائمة على السوق لمعالجة قضايا كفاية استخدام الموارد وتغيير المناخ:

تعتبر أسواق الطاقة حجر الزاوية في تمكين الاستخدام الفعال من حيث التكلفة لوحدات توليد الطاقة الحالية (دور التوزيع قصير الأجل)، وتوجيه الاستثمارات طويلة الأجل بسبب الإيجارات دون الهامشية للبنية التحتية (Caramanis et al. 1982). كذلك، أثبتت من الناحية العملية العديد من المخاوف بشأن: (1) قدرة هذه الأسواق على الاستثمار بالقدر الكافي في كفاية القدرات الإنتاجية (Jaffe and Felder 1996; Joskow 2006; Keppler 2017; Petit et al. 2017)، و(2) فعالية هذه الأسواق في التعامل مع تحولات الطاقة (Finon 2013; Peng and Poudineh 2019).

ترغب الجهات التنظيمية من جانب آخر - التي تتمثل أهدافها الرئيسية في توفير كهرباء آمنة بأسعار معقولة وصديقة للبيئة لجميع السكان - في تجنب حالات الانقطاع الكبيرة للتيار الكهربائي مثل تلك التي حدثت في تكساس مؤخرًا، إضافة إلى تسهيل عملية الانتقال إلى مصادر الطاقة منخفضة الكربون. وتحقيقاً لهذه الغاية، قررت العديد من المناطق تنفيذ آليات إضافية تم تصميمها خصيصاً لمعالجة مدى كفاية أو الحد من الآثار المترتبة على مشكلات تغير المناخ التي تتجاوز سوق الطاقة فقط. ويوضح الشكل (1) أدناه لمحة عن الآليات المنفذة والمقترحة وخصائصها الرئيسية: الكمية مقابل الأسعار القائمة، والمركزية مقابل اللامركزية والآليات المستهدفة مقابل آليات القدرات الواسعة النطاق والآليات الحياض التكنولوجية مقابل آليات الدعم الخاصة بالتكنولوجيا.

الشكل 1. لمحة عامة عن التعديلات أو الآليات الإضافية في أنظمة الطاقة المحدرة.



ضمان كفاية الموارد

يتم التعامل مع كفاية الموارد بصفة عامة باعتبارها منفعة عامة، ومن ثم تتولاها الهيئات التنظيمية أو الحكومات، غير أن البعض يدعو من أجل ضمان كفاية هذه الموارد إلى إمكانية تعزيز سوق الطاقة فقط لتجنب فقدان الأموال دون الحاجة إلى وجود أي آليات إضافية (Hirst and Hadley 1999; Hogan 2005). بينما يقترح آخرون إدخال آليات القدرات الإنتاجية لاستكمال التنسيق طويل الأجل الذي تتطلبه أنظمة الطاقة (Jaffe and Felder 1996; De Vries 2007; Cramton et al. 2013). غير أن العديد من المناطق العالمية نفذت بالفعل آليات القدرات الإنتاجية للتعامل مع كفاية الموارد، مثلما حدث في الولايات المتحدة الأمريكية من تنفيذها لآليات (PJM و ISO-NE و NYISO) والمملكة المتحدة وفرنسا وبولندا. ورغم ذلك، لم تتعامل أي دولة حتى الآن مع قدرة شبكتها على التكيف مع التغير المناخي.



ينبغي عند الشروع في تنفيذ هذه الخطة، إجراء تقييم لمدى كفاية الموارد استناداً إلى السيناريوهات المستقبلية المحتملة ذات الصلة، بما فيها النطاق الجغرافي والافتراضات المتعلقة بالطقس والمناخ. ويجب على وجه الخصوص النظر بعناية في الأحوال الجوية القاسية والآثار المترتبة على تغيّر المناخ. كما سيتم إجراء دراسات كفاية لنظام الطاقة الفرنسي مصحوبة بوضع سيناريوهات مستقبلية تستند إلى افتراضات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) حتى عام 2050 (RTE and IEA 2021; RTE 2021). فيما تعمل الشبكة الأوروبية لمُشغلي أنظمة نقل الكهرباء (ENTSO-E) بناءً على توصية المفوضية الأوروبية، على تعزيز منهجيتها لدراسات الكفاية في أوروبا (ENTSO-E 2020).

معالجة تغيّر المناخ وتحولات الطاقة

نادراً ما يتم تطوير مصادر الطاقة المتجددة للطاقة الكهربائية (RES-E) بناءً على إشارات سوق الطاقة فقط، بل يتم تحديد هذه التقنيات باعتبارها حلولاً رئيسية لخفض الانبعاثات الكربونية الناتجة من عمليات توليد الطاقة، مصحوبة بتوفير العديد من الفوائد الأخرى للحكومات مثل تحقيق الاستقلال في مجال الطاقة وخلق فرص العمل. كما نجد أن العديد من الدول قامت بتنفيذ آليات دعم محددة من أجل تعزيز نشر مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء على الرغم من القيود المفروضة عليها، وذلك على النحو المبين في الشكل (1). من جانب آخر، تسود الالتزامات باستخدام مصادر الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية، وتسود تعريفات التغذية الكهربائية في أوروبا. ونجد أن كليهما لا مركزيين ويحفزان مشاريع استخدام مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء، كما يسمحان لهذه المصادر بالمشاركة في مشاريع الطاقة وتحقيق التوازن في الأسواق مثلما تفعل التقنيات التقليدية. كذلك نجد أنه تم في العديد من الدول تنفيذ آليات لدعم مشاريع مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء بالإضافة إلى التسعير المسبق للكربون، الأمر الذي لم يقتصر بالضرورة على قطاع الطاقة فقط بخلاف مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء. غير أن تسعير الكربون لم يكن كافياً لدفع الاستثمارات للعمل في مشاريع مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء، بسبب المخاوف السياسية المحيطة بارتفاع أسعار الكهرباء جزئياً. وعلى الرغم من أنه يجري تطوير مصادر الطاقة المتجددة للتخفيف من آثار تغيّر المناخ، إلا أن من المفارقات أنها يمكن أن تسهم في تضخيم آثار الأحوال المناخية القاسية، وبالتالي تعزيز أهمية أنظمة الطاقة المرنة القادرة على التكيف.

إضافة إلى أن العديد من الجهات التنظيمية فضلت فرض تعريفات التغذية الكهربائية لأنها سهلة التنفيذ نسبياً. ومع ذلك، فقد أظهر التاريخ الحديث أنه يمكن أن تنشأ تأثيرات مأساوية غير متوقعة عندما تكون مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء (RES-E) خارج السوق، بما فيها سلسلة من أسعار الجملة السلبية شديدة التقلب. وبالتالي، فقد تم في الآونة الأخيرة إيلاء المزيد من الاهتمام بتعزيز أداء آليات الدعم من خلال زيادة مشاركة مصادر الطاقة المتجددة للكهرباء في مجالات الطاقة وتحقيق التوازن في الأسواق.

أنظمة توليد الطاقة متعددة الطبقات والتفاعلات بين الآليات

**تُستكمل أسواق الطاقة
بطبقات متعددة من آليات
القدرات، ومشاريع دعم
مصادر الطاقة المتجددة
للطاقة الكهربائية
(RES-E)، ومشاريع الدعم
الأخرى للتقنيات المحددة**

تعد العديد من أنظمة الطاقة بعيدة كل البعد عن النموذج النظري للطاقة، وتُستكمل أسواق الطاقة بطبقات متعددة من آليات القدرات الإنتاجية، ومشاريع دعم مصادر الطاقة المتجددة للطاقة الكهربائية (RES-E) ومشاريع الدعم الأخرى للتقنيات المحددة (على سبيل المثال، شهادات الانبعاثات الصفيرية للطاقة النووية). كان من المفترض على نحو ما اقترحه خبراء الاقتصاد في البداية، أن توفر أسواق الطاقة إشارات طويلة الأجل بالنسبة للمستثمرين. بينما نجد من الناحية العملية، أن المستثمرين يواجهون عملية تنبؤ أكثر صعوبة تتضمن التنبؤ بأسعار الطاقة والتفاعلات بين نتائج وآليات القدرات الإنتاجية الإضافية. فعلى سبيل المثال، يؤدي تطبيق قاعدة الحد الأدنى لسعر العرض¹ (MOPR) في أسواق القدرات الإنتاجية الأمريكية إلى تغيير هيكل الأجور في مشاريع الطاقة المتجددة عن طريق إزالة إيرادات من الطاقة وزيادة السعر الحقيقي لضمان ربحيتها (Cleary 2020). فيما يتمثل التفاعل التقليدي الآخر في الأثر المباشر لارتفاع أسعار الكربون على أسعار الطاقة، لأنه يتم تحويله إلى تكاليف التوليد المتغيرة لتقنيات الانبعاثات الكربونية.

نجد على ضوء ما سبق، أن هذه الآليات تعيد إدخال التنسيق والمتطلبات المركزية على النحو الذي سبق وأن نفذته الهيئات التنظيمية والمرافق الخاضعة للتنظيم، وتشمل هذه التدابير دفع عجلة تطوير تقنيات معينة بغض النظر عن المؤشرات السوقية، وضمان كفاية الموارد التي لم تحققها أسواق الطاقة. كما يمكن أن يتمثل البديل في التحول إلى نموذج جديد لتصميم السوق يتضمن عنصرين، هما: (1) أسواق الطاقة للتعامل مع التنسيق قصير الأجل، و(2) العقود طويلة الأجل للاستثمارات الصادرة عن سلطة مركزية مسؤولة عن دفع مزيج الطاقة من خلال المناقصات الخاصة بالتكنولوجيا أو العطاءات المحايدة من الناحية التكنولوجية. قام كل من (Roques and Finon 2017) بتلخيص ذلك باعتباره منافسة، في خطوتين، هما: المنافسة على السوق والمنافسة في السوق. يمكن لهذا النموذج الهجين تسهيل الاستثمارات بما يتماشى مع أهداف الحكومات، لكنه سيعتمد على سلطة مركزية لتوجيه المزيج طويل الأجل. كذلك يمكن أن يؤدي إدخال مزيج طاقة يمكن التنبؤ به في التوقعات المستقبلية إلى الحد من أوجه عدم اليقين بشأن التدفقات النقدية، وبالتالي خفض التكاليف الرأسمالية للمستثمرين عن طريق نقل المخاطر التي يتعرضون لها إلى دافعي الضرائب عندما يتم تحديد مسار مزيج السلطة المركزية بنحو غير سليم. أخيرًا، يمكن أن يتولى مُشغّل النظام التعامل مع الأحوال الجوية القاسية أو القضايا المتعلقة بتغير المناخ من خلال النظر في السيناريوهات ذات الصلة وأوجه الإخفاقات الشائعة عند تقييم مدى كفاية الموارد.

¹ تم إدخال قاعدة الحد الأدنى لسعر العرض (MOPR) للحيلولة دون أن تكون التقنيات المدعومة أكثر تنافسية مقارنة بالتقنيات غير المدعومة. وتتنص على أن الموارد الجديدة المدعومة تقدم الحد الأدنى المطلوب من الأسعار، الذي تحدده الجهة التنظيمية بناءً على الأموال المفقودة للطاقة فقط (دون اعتبار للإعانات المالية).

تصميم الأسواق القادرة على التكيف مع تغير المناخ

يمكننا أن نرى إذا استشرطنا المستقبل، أن التخطيط لمواجهة مخاطر المناخ وزيادة تواتر حدوث الأحوال الجوية القاسية، سيتطلب تحولاً جوهرياً في عقلية الهيئات التنظيمية. إلا أن الأمر الأهم من ذلك، أنه دون فهم الكيفية التي تعمل وفقها الأسواق سواء كانت أسواقاً للطاقة فقط أم أسواقاً للطاقة بالإضافة إلى القدرة، وما يمكن للإشارات السعرية فعله وعدم فعله، ستخفق الهيئات التنظيمية في تنفيذ سياسات فعالة من حيث التكلفة تكون قادرة على تأمين شبكات الطاقة ضد المخاطر المتعلقة بتغير المناخ، بدلاً من إلقاء اللوم على الأسواق.

كما أن مما لا شك فيه أن حل مسألة اقتصاديات الطاقة الجوهرية للأسواق الطاقة فقط أو للأسواق الطاقة بالإضافة إلى القدرة لن يكون بالضرورة أفضل إعداد لنا لمواجهة المخاطر الناجمة عن التغيرات المناخية. فيما يمكن لكل النوعين من الأسواق إذا تم تصميمهما بنحو سليم، أن يكفلا كفاية الموارد أثناء وقوع الأحوال الجوية غير القاسية. غير أن تصميم السوق "المثالي" من الناحية النظرية قد لا يضمن كفاية الموارد في ظل حدوث الأحوال الجوية القاسية التي من المحتمل أن يجلبها تغير المناخ.

بيد أنه وحتى مع استمرار تحسن الأسواق، على النحو المقترح أعلاه وفي دراسة كل من (Bialek et al. (2021 وإزالة الحواجز السوقية والتنظيمية التي تحول دون الحصول على موارد الطاقة النظيفة، سواء من خلال دمج أسعار الكربون أو إلغاء تطبيق قاعدة الحد الأدنى لسعر العرض، فإنه ينبغي تطوير أنظمة الطاقة الخاصة بالأسواق لتكون مرنة قادرة على التكيف.

أولاً، يتعين على الجهات التنظيمية أن تترتب قليلاً من أجل التوصل إلى الفهم السليم لإخفاقات السوق المصاحبة، ومن ثم تقوم بتنفيذ السياسات الملائمة لحل هذه الإخفاقات السوقية، ليس تلك المتعلقة بنظام الطاقة فحسب، وإنما لكل الأنظمة الخاصة بالبنية التحتية الحيوية.

تعتبر القدرة على التكيف في مواجهة الأحوال الجوية القاسية منفعة عامة تختلف عن الموثوقية أو كفاية الموارد (Unel and Zevin 2018)، وتسلط تجربة تكساس الضوء على هذا الاختلاف. كما يبين تقرير التقييم الموسمي لكفاية الموارد الصادر عن مجلس الموثوقية الكهربائية في تكساس (إركوت) القدرة الكافية المثبتة لكل من توقعات الطلب وذروة الطلب في جميع الأوقات خلال فصل الشتاء (ERCOT 2020). كذلك أوضح تحليل هذا التقرير بعد حدوث انقطاع التيار الكهربائي أيضاً أن هذه المولدات لو كانت قادرة على التوليد، لكانت القدرة المركبة كافية لتغطية ذروة الحمل المقدرة (ERCOT 2020). غير أنه لم يتم تجهيز عدد كافٍ من هذه المولدات لفصل الشتاء على الرغم من قدرتها على تحقيق إيرادات عالية بما يكفي لتغطية جزء كبير من تكاليفها الرأسمالية في غضون أيام قليلة (Cramton 2021)، أو بعبارة أخرى، رغم أن عائدات السوق قد حفزت على تركيب قدرة إنتاجية كافية لتلبية ذروة الطلب، إلا أنها لم تكن كافية لتحفيز التنبؤ بالأحوال الجوية دون الحاجة إلى تدخلات إضافية.

رغم أن عائدات السوق قد حفزت على تركيب قدرة إنتاجية كافية لتلبية ذروة الطلب، إلا أنها لم تكن كافية لتحفيز التنبؤ بالأحوال الجوية دون الحاجة إلى تدخلات إضافية

ثانياً، تؤدي مخاطر المناخ إلى حدوث مشكلات معلوماتية إضافية يتعين على الجهات التنظيمية التصدي لها، كما يمكن للجهات الفاعلة في الشبكة أن تأخذ في اعتبارها مخاطر الأحوال الجوية القاسية، غير أنهم لا يقومون فعلياً سوى باتخاذ القليل من الإجراءات أو لا يتخذون أي إجراءات على الإطلاق لأنهم يقللون من احتمالية وقوع حدث هام يؤثر عليهم إما بسبب عدم كفاية البيانات والتحليلات، أو لعدم وجود الحوافز السوقية الكافية للقيام بذلك. وستمثل قلة التقدير هذه أكبر إشكالية إذا كانت التحليلات المستقبلية مستندة إلى بيانات تاريخية، لا سيما إذا اعتبرنا أن من المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة تواتر وشدة حدوث الأحوال الجوية القاسية، أو إذا لم تأخذ هذه التحليلات في حسابها أوجه عدم التيقن من عمليات التنبؤ بمثل هذه الأحداث (Li, Coit, and Felder 2016)، وبالمثل قد تخفق الأسواق في حالة حدوث مثل هذه المشكلات المعلوماتية، في تحفيز مستوى فعال اجتماعياً من التنبؤ بالأحوال الجوية.

ثالثاً، لابد من فهم الطبيعة المترابطة للبنية التحتية وإجراء تقييم شامل لمدى التأثير النظامي بالظواهر الجوية القاسية.

بل حتى إذا تم تصميم أسواق الطاقة "بشكل مثالي" تماماً مع تحديد الأسعار المناسبة لأوقات الندرة، أو تحديد قيمة الحمولة المفقودة (VOLL)، أو تعريف منتجات القدرة، فإن نظام الطاقة لن يكون موثوقاً أو قادراً على التكيف إذا لم يأخذ هذا التصميم والسياسات الأخرى بما فيها تنظيم الاقتران في الاعتبار أسباب الفشل الشائعة ونقاط الضعف القائمة في نظام الغاز، أو أوجه الترابط بين أنظمة الغاز الطبيعي والكهرباء (Felder 2001, 2004).

أخيراً، يتعين على الجهات التنظيمية ومقرري السياسات أن يفهموا الأسواق التي يتولون تنظيمها، والحوافز السوقية التي يمكنها أو لا يمكنها تحقيق ذلك. كما أن تجاوز خوارزميات السوق لزيادة الأسعار من أجل تحفيز المولدات على العودة إلى العمل بمجرد توقفها، بالطريقة ذاتها التي أتبعتها لجنة المرافق العامة في تكساس، لن تحقق المرونة المنشودة، وإنما ستكون مجرد عملية نقل كبيرة للفائض من المستهلكين إلى هذه المولدات (Jaffe and Felder 1996). ومع ذلك، يتعين على الجهات التنظيمية تنسيق التخطيط واتخاذ الإجراءات الاستباقية في مختلف القطاعات، مع الجمع ما بين الحوافز السوقية والمتطلبات التنظيمية. كما يتعين على الجهات التنظيمية أيضاً أن تقيم الكيفية التي يمكن أن تكون بها الأسواق على أهبة الاستعداد للأحداث القاسية في المستقبل والاستجابة لها بفاعلية تامة.

إجمالاً، يتطلب الإعداد لمستقبل يشهد أحداثاً مناخية قاسية أكثر تواتراً إجراء تقييم شامل لقابلية التأثير بتغير المناخ يغطي أنظمة الطاقة وجميع نظم البنى التحتية الحيوية مثل خطوط الأنابيب والمياه والاتصالات وأوجه الترابط بينها. ولكي يكون هذا التقييم زاخراً بالمعلومات فإنه ينبغي أن يتناول أيضاً الخطر المتنامي الذي يشكله التغير المناخي، ومن ثم يستشرف افتراضاته المتعلقة بالمخاطر المتغيرة والعرض والطلب المتغيرين. غير أن الأمر الأكثر أهمية هنا،



**يتعين على الجهات
التنظيمية أيضاً أن تقيم
الكيفية التي يمكن أن
تكون بها الأسواق على
أهبة الاستعداد للأحداث
القاسية في المستقبل
والاستجابة لها بفاعلية تامة**

أن تصميم نظام طاقة موثوق وقادر على التكيف يتطلب وجود جهات تنظيمية تفهم تماماً أسواق الطاقة والإخفاقات السوقية وكيف تكون علامات الكهرباء جزءاً لا يتجزأ من سياسات الاعتماد على الموثوقية والقدرة على التكيف من أجل النقل والتوزيع، وأن يكونوا مدركين تماماً للمخاطر التنظيمية الناجمة عن تغير المناخ، وعلى أهبة الاستعداد لاتخاذ أي إجراءات تنظيمية مباشرة عندما يستدعي ذلك إخفاقات معينة في السوق. كذلك ينبغي ألا تهدف تصميمات السوق إلى الموثوقية وكفاية الموارد فحسب، بل أيضاً إلى المرونة مع الجمع بين الحوافز القائمة على السوق وصلاحيات تقييم المخاطر.

المراجع

- Bialek, Sylwia, Justin Gundlach, and Christine Pries. 2021. "Resource Adequacy in a Decarbonized Future: Wholesale Market Design Options and Considerations." Institute for Policy Integrity Report. <https://policyintegrity.org/publications/detail/resource-adequacy-in-a-decarbonized-future>
- Caramanis, Michael C., Roger E. Bohn, and Fred C. Schweppe. 1982. "Optimal spot pricing: Practice and theory." *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems* 9: 3234-3245.
- Chandramowli, Shankar, and Frank Felder. 2014. "Impact of climate change on electricity systems and markets – a review of models and forecasts." *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 5:62-74.
- Cleary, Kathrynne. 2020. "What the Minimum Offer Price Rule (MOPR) Means for Clean Energy in PJM." Resources. <https://www.resources.org/common-resources/what-minimum-offer-price-rule-mopr-means-clean-energy-pjm/>
- Cramton, Peter, Axel Ockenfels, and Steven Stoft. 2013. "Capacity market fundamentals." *Economics of Energy & Environmental Policy* 2(2): 27-46.
- Cramton, Peter. 2021. "Lessons from the Texas Electricity Crisis." Working paper, University of Cologne. <http://www.cramton.umd.edu/papers2020-2024/cramton-lessons-from-the-2021-texas-electricity-crisis.pdf>
- De Vries, Laurens J. 2007. "Generation adequacy: Helping the market do its job." *Utilities Policy* 15(1): 20-35.
- European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENSTO-E). 2020. "Resource Adequacy implementation Road Map." Presentation, December 10, 2021. https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/cep/implementation/BZ/201210_ERAA_implementation_Road_Map.pdf

Electric Reliability Council of Texas (ERCOT). 2020. "Seasonal Assessment of Resource Adequacy." <http://www.ercot.com/content/wcm/lists/197378/SARA-FinalWinter2020-2021.xlsx>

———. 2021. "Review of February 2021 Extreme Cold Weather Event." Presentation. http://www.ercot.com/content/wcm/key_documents_lists/225373/2.2_REVISIED_ERCOT_Presentation.pdf

Felder, Frank A. 2001. "An Island of Technicality in a Sea of Discretion': A Critique of Existing Electric Power Systems Reliability Analysis and Policy." *The Electricity Journal* 14(3): 21-31.

———. 2004. "Incorporating resource dynamics to determine generation adequacy levels in restructured bulk power systems." *KIEE International Transactions on Power Engineering* 4(2): 100-105.

Finon, Dominique. 2013. "The transition of the electricity system towards decarbonization: The need for change in the market regime." *Climate Policy* 13(sup01):130-145.

Hirst, Eric, and Stan Hadley. 1999. "Generation adequacy: Who decides?." *The Electricity Journal* 12(8): 11-21.

Hogan, William W. 2005. "On an 'Energy only' electricity market design for resource adequacy." California ISO.

Everhart, Keith, and Gergely Molnar. 2021. "Severe power cuts in Texas highlight energy security risks related to extreme weather events." International Energy Agency (IEA). February 18, 2021. <https://www.iea.org/commentaries/severe-power-cuts-in-texas-highlight-energy-security-risks-related-to-extreme-weather-events>

Jaffe, Adam B., and Frank A. Felder. 1996. "Should electricity markets have a capacity requirement? If so, how should it be priced?." *The Electricity Journal* 9(10): 52-60.

Joskow, Paul L. 2006. "Competitive electricity markets and investment in new generating capacity." AEI-Brookings Joint Center Working Paper 06-14.

Keppler, Jan-Horst. 2017. "Security of supply externalities and asymmetric investment incentives in markets for non-storable goods: The case of capacity remuneration mechanisms." *Energy Policy* 105: 562-570.

Li, Shuya, David W. Coit, and Frank Felder. 2016. "Stochastic optimization for electric power generation expansion planning with discrete climate change scenarios." *Electric Power Systems Research* 140: 401-412.

Peng, Donna, and Rahmatallah Poudineh. 2019. "Electricity market design under increasing renewable energy penetration: Misalignments observed in the European Union." *Utilities Policy* 61: 100970.



Petit, Marie, Dominique Finon, and Tanguy Janssen. 2017. "Capacity adequacy in power markets facing energy transition: A comparison of scarcity pricing and capacity mechanism." *Energy Policy* 103: 30-46.

Roques, Fabien, and Dominique Finon. 2017. "Adapting electricity markets to decarbonisation and security of supply objectives: Toward a hybrid regime?." *Energy Policy* 105: 584-596.

Réseau de Transport d'Électricité and the International Energy Agency (RTE and IEA). 2021. "Conditions and Requirements for the Technical Feasibility of a Power System with a High Share of Renewables in France Towards 2050." Technical report. https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-01/RTE-AIE_rapport%20complet%20ENR%20horizon%202050_EN.pdf

Réseau de Transport d'Électricité (RTE). 2021. RTE website. <https://www.rte-france.com/en/rte-in-a-nutshell/our-commitments/rtes-fight-against-climate-change>

Unel, Burcin, and Avi Zevin. 2018. "Toward Resilience: Defining, Measuring, and Monetizing Resilience in the Electricity System." Institute for Policy Integrity Report. <https://policyintegrity.org/publications/detail/toward-resilience>

حول المشروع

كُتب هذا التعليق كجزء من مشروع برنامج تحولات الطاقة والطاقة الكهربائية "الابتكارات في أسواق الكهرباء وأنظمة الشبكات والاستثمارات والتقنيات منخفضة الكربون"، ويهدف المشروع إلى تقديم رؤى حول تحول قطاع الكهرباء السعودي، الذي يتميز بالجاهزية لزيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة واستبدال الغاز الطبيعي بالوقود السائل، مصحوبا بضمان التوازن المالي، وتوسيع صادرات الكهرباء، وإنتاج الهيدروجين الأخضر، وتنويع القطاع السعودي من خلال التوطين. كذلك يناقش هذا المشروع ويستفيد من أسواق الكهرباء في كافة أنحاء العالم، ويعتمد هذا التعليق في مصادره على الأحداث الأخيرة في تكساس لتسليط الضوء على الشروط الأساسية لنجاح أنظمة الطاقة المحررة.

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحوثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

إشعار قانوني

© حقوق النشر 2021 محفوظة لمركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبته بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية -سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند -أو أي جزء منه- أو أن يفسر كمنصحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة. ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.



مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية
King Abdullah Petroleum Studies and Research Center

www.kapsarc.org