اقتصاديات الطاقة

أكتوبر
٢٠٢٦

جمعية اقتصاديات الطاقة
Saudi Association for Energy Economics

نشرة فصلية تصدر عن جمعية اقتصاديات الطاقة - العدد التاسع

افتتاحية العدد ..

خلال الأشهر الماضية مرت المنطقة بأحداث جسام أثرت بشكل مباشر في أمور الطاقة واقتصاداتها، فالحرب الأمريكية - الإيرانية ألقت بظلالها الثقيلة على دول الخليج وأثرت بقدرتها في إنتاج وتصدير النفط والغاز اللذين أثرا بدورهما على اقتصاد دول المنطقة ودول العالم أجمع.

فالحرب الأخيرة في الشرق الأوسط ألقت بظلالها على آفاق عديد من اقتصاديات دول العالم في آسيا وأوروبا، التي تستورد نسبة كبيرة من احتياجاتها من النفط والغاز المسال من منطقة الخليج العربي، حيث إن ٢٠% من النفط العالمي والغاز الطبيعي المسال يمران عبر مضيق هرمز. وتجد الاقتصادات التي تعتمد بشكل كبير على واردات النفط في إفريقيا وآسيا صعوبة متزايدة في الحصول على الإمدادات التي تحتاج إليها، هذا ناهيك عن أسعارها المرتفعة. وتواجه أجزاء من الشرق الأوسط وإفريقيا وآسيا والمحيط الهادئ وأمريكا اللاتينية ضغوطًا إضافية ناتجة عن ارتفاع أسعار الأغذية والأسمدة وتشديد الأوضاع المالية. وتُعد البلدان المنخفضة الدخل معرضة بشكل خاص لهذه المخاطر.

سببت الحرب في منطقة الخليج وقبلها انقطاع إمدادات الغاز الروسي الى أوروبا في صدمة في الاقتصاد العالمي. إذ وفقًا لبيانات الطاقة الأمريكية قد تراجعت مخزونات النفط الخام في الاحتياطي النفطي الإستراتيجي إلى أقل من ٢٤٠ مليون برميل من سعته الـ ٧٠٠ مليون برميل وهذا هو أدنى مستوى له منذ ١٩٨٢ في وقت تتصاعد فيه حدة التوترات الجيوسياسية وتتعمق فيه أزمة الطاقة العالمية. لكن في الوقت نفسه أدت هذه الأزمة إلى اختبار خطط دول المنطقة، وما أنشأته من بنية تحتية عبر عقود من الزمن. على سبيل المثال، استطاعت السعودية عبر استثمارها الإستراتيجي في خط أنابيب "شرق-غرب" منذ عقود مضت، باستخدامه لتصدير النفط عبر منافذ البحر الأحمر خلال الأزمة الأخيرة.

كما تمتلك المملكة شبكة تخزين واسعة تمنحها مرونة مهمة في إدارة الأزمة، حيث الطاقة التقديرية لتخزين النفط الخام في مراكز التصدير السعودية تبلغ نحو ٣٥ مليون برميل في ينبع، إلى جانب طاقة تخزينية كبيرة في رأس تنورة. هذا إضافة إلى مخزونات أرامكو التشغيلية من النفط الخام خارج المملكة العربية السعودية: ١١,٢ مليون برميل في أوكيناوا وكيري باليابان، و٥,٣ مليون برميل في أولسان بكوريا الجنوبية، و١٨,٦ مليون برميل في تشوشان بالصين، و٦,٩ مليون برميل في روتردام، وحصة أرامكو البالغة ٣٧,٩ مليون برميل من تخزين النفط الخام في العين السخنة وسيدي كرير بمصر - أي ما مجموعه نحو ٨٠ مليون برميل. وأسهم السحب من تلك والشحنات من خط شرق-غرب في الحد من أثر انقطاع الامدادات إلى أسواق أوروبا وإلى حد ما إلى آسيا، مما عكس رؤية ثاقبة وتخطيط إستراتيجي مستدام للمملكة مما سبب استقرار الإمدادات خلال الأزمة الأخيرة.

إضافة لتلك التطورات في إنتاج وإمدادات النفط الخام والمنتجات خلال الأزمة، حدث تطور مهم في مجال البرنامج النووي السلمي السعودي، حيث أبرمت المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية في يوليو ٢٠٢٦ اتفاقًا تاريخيًا للتعاون النووي المدني لمدة ٣٠ عامًا (بموجب المادة ١٢٣ من قانون الطاقة الذرية الأمريكي)، وتمت إحالته إلى الكونغرس في أغسطس ٢٠٢٦ لمراجعته خلال ٩٠ يومًا. ويتضمن الاتفاق بناء مفاعلات نووية من طراز ويستنغهاوس، ويسمح بتخصيب اليورانيوم على مراحل (حتى ٥% في المرحلة الأولى، وإمكانية رفعه حتى ٢٠% بعد دراسات مشتركة واتفاق خطي)، ويشترط الالتزام بالضمانات الشاملة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية. يأتي ذلك ضمن إستراتيجية توجهات قطاع الطاقة في تنويع مزيجها لتحقيق ٥٠% من توليد الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة بما فيها الطاقة النووية والغاز الطبيعي والطاقة الشمسية وطاقة الرياح، في مسار يستهدف خفض استهلاك الوقود السائل محليًا وتوسيع مرونة المملكة في إدارة مواردها النفطية.

وانسجامًا مع أهداف الجمعية في التوعية حول أمور الطاقة، استضافت بالاشتراك مع كلية كابسارك للسياسات العامة، أ.د. آرون براكتيكنيو رئيس الجمعية الدولية لاقتصاديات الطاقة وأستاذ سياسات الطاقة في جامعة آيخن الألمانية، وبإدارة الدكتورة نوف بنت ناصر الشريف، عضو مجلس إدارة الجمعية، حيث استعرض البروفسور آرون استجابة ألمانيا لأزمات الطاقة، من صدمة النفط عام ١٩٧٣ إلى الارتفاع الحالي في أسعار الوقود عام ٢٠٢٦ جراء التوترات الإقليمية في الشرق الأوسط. وسوف تستضيف بالاشتراك مع كابسارك المؤتمر الرابع لاقتصاديات الطاقة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا المقرر عقده خلال الربع الأول من السنة الميلادية القادمة ٢٠٢٧، والذي ستقدم فيه عشرات الأوراق العلمية ويعقد خلاله الندوات ويشارك فيه مئات الباحثين والمهتمين من جميع أنحاء العالم.



٢

"إعادة النظر في مبادرة انشاء محطة طاقة نووية مشتركة لدول مجلس التعاون الخليجي" **أسامه عبدالله الصايغ**

مضى نحو أكثر من خمسة عشر عامًا منذ النظر في تطوير محطة طاقة نووية إقليمية مشتركة. وقد شهدت المنطقة تطورات رئيسة تشمل الجوانب الديموغرافية والعوامل الاجتماعية والاقتصادية والجيوسياسية والقناعات والأولويات السياسية، والتقدم في البنية التحتية.

٤ "التحول في قطاع الطاقة، وتحمّل تكاليفها: دروس التجربة الألمانية تجاه أزمة ارتفاع أسعار النفط والغاز" **آرون براكتيكنيو (Aaron Praktiknjo)**

تُعدّ ألمانيا حالة جديرة بالدراسة؛ فهي اقتصاد صناعي كبير ذو موارد محلية محدودة من الهيدروكربونات، وبرنامج طموح للتحول في قطاع الطاقة (Energiewende)، وسجل طويل من الاستجابة لصدمات الواردات.

٧ "الشمسُ في راحةِ اليد: حكمةِ إدارةِ الطاقة وسياساتها في المملكة العربية السعودية" **محمد الصادق الحاج**

يسودُ في كثيرٍ من الأدبيات المناخية افتراضٌ ضمنيٌّ مفادُه أنّ رشادَ السياسةِ الطاقويّة يُقاسُ بسرعةِ التخلّي عن الهيدروكربونات، وكأنّ النفطَ والغازَ أصولٌ ميتةٌ يجبُ التحلّلُ منها بأسرعِ ما يمكن.

١٤ "معادن أعماق البحار: بين الوفرة الجيولوجية ومحددات السياسة والقانون والبيئة" **ياسر هلال**

ربما يكون اليوم أشبه بالبارحة، ليبقى الحديث عن التعدين البحري كحل شامل لمعضلة المعادن الإستراتيجية مبالغًا فيه، إذا لم يُربط بتحليل دقيق للقيود البنيوية وإمكانات وفرص تجاوزها.

إعادة النظر في مبادرة انشاء محطة طاقة نووية مشتركة لدول مجلس التعاون الخليجي



أسامه عبدالله الصايغ
باحث علمي – مركز أبحاث الطاقة والبناء، معهد الكويت للأبحاث العلمية، دولة الكويت.
باحث غير مقيم – مركز دراسات الطاقة، معهد بيكر للسياسة العامة، جامعة رايس، هيوستن، تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية.

المبـــادرة

في عام ٢٠٠٦، قررت دول مجلس التعاون الخليجي، خلال الدورة السابعة والعشرين للمجلس الأعلى التي عقدت في الرياض، إجراء دراسة مشتركة حول استخدام التكنولوجيا النووية للأغراض السلمية، بما في ذلك توليد الكهرباء وتحلية المياه. وتضمنت المبادرة إعداد دراسة جدوى أولية، تليها دراسة تفصيلية وبرنامج عمل للتنفيذ.

خلصت الدراسة التفصيلية، التي أنجزت عام ٢٠١٠، إلى أن إنشاء محطة طاقة نووية خليجية مشتركة كان مجديًا من الناحيتين الفنية والاقتصادية، إلا أنها حددت عددًا من المتطلبات الأساس لنجاح المشروع، من أبرزها تطوير شبكة الربط الكهربائي بين دول المجلس، ووضع أطر لتنظيم تجارة الكهرباء وتسعيرها، والتوصل إلى اتفاق بشأن الدولة أو الدول المستضيفة للمحطة، إضافة إلى استعداد الدول المشاركة للاعتماد على الدولة المضيفة في جزء من احتياجاتها الكهربائية.

إلا أنه، بحلول نهاية عام ٢٠١٠، اتجهت كل دولة خليجية إلى تطوير برنامجها النووي بصورة منفردة. ويبدو أن محدودية التنسيق والتأخر في تنفيذ توصيات الدراسات المشتركة أسهما في تراجع جدوى النهج الإقليمي آنذاك، لتصبح المبادرة الخليجية المشتركة غير قابلة للتطبيق في ذلك الوقت.

المتغيرات التي تستدعي إعادة النظر في الشراكة النووية الخليجية

لقد مضى نحو أكثر من خمسة عشر عامًا منذ النظر في تطوير محطة طاقة نووية إقليمية مشتركة. وقد شهدت المنطقة تطورات رئيسة تشمل الجوانب الديموغرافية والعوامل الاجتماعية والاقتصادية والجيوسياسية والقناعات والأولويات السياسية، والتقدم في البنية التحتية. إن أهم العوامل الرئيسة التي تدفع إلى إعادة النظر في إقامة محطة طاقة نووية خليجية مشتركة هي التالي:

١. التطورات الاجتماعية والاقتصادية واحتياجات الطاقة

ارتفع عدد سكان دول مجلس التعاون من نحو ٤٧ مليون نسمة عام ٢٠١٠ إلى أكثر من ٦٣ مليونًا عام ٢٠٢٥، بينما تضاعف إجمالي الناتج المحلي تقريبًا من ١,١٦ تريليون دولار إلى ٢,٣٦ تريليون دولار خلال الفترة نفسها. وقد صاحب هذا النمو ارتفاع في الطلب على الطاقة، الذي وصل ٢,٩٢٠ مليون برميل نفط مكافئ في ٢٠٢٤، مع استمرار الاعتماد الكبير على النفط والغاز في مزيج الطاقة.

وفي الوقت ذاته، أعلنت معظم دول المجلس التزامها بتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام ٢٠٥٠ أو ٢٠٦٠. ومع توقع استمرار نمو الطلب على الطاقة، يصبح تنويع مزيج الطاقة وإدخال مصادر منخفضة الانبعاثات أكثر أهمية. ويمكن للطاقة النووية أن تسهم في توفير كهرباء مستقرة ومنخفضة الانبعاثات، إلى جانب دعم موثوقية الشبكات الكهربائية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

٢. تطور شبكة الربط الكهربائي الخليجي

كان ضعف قدرة الربط الكهربائي أحد العوامل التي حدّت من إمكانية تنفيذ محطة نووية مشتركة عام ٢٠١٠. أما اليوم، فقد شهدت شبكة الربط الكهربائي الخليجي توسعًا كبيرًا ملحوظًا، مع تنفيذ وتعزيز خطوط نقل ومحطات جديدة، ورفع القدرة على تبادل الكهرباء بين الدول الأعضاء.

وأصبح الربط الخليجي قادرًا على التعامل مع تدفقات كهربائية أكبر من تلك المطلوبة للاستجابة للطوارئ، مما يوفر أساسًا أكثر ملاءمة لربط محطة توليد إقليمية كبيرة بالشبكات الوطنية، وتوزيع إنتاجها بين الدول المشاركة.

٣. نضج إطار تجارة الكهرباء

شهدت تجارة الكهرباء بين دول المجلس تطورًا مهمًا منذ عام ٢٠١٠، وأصبحت عمليات تبادل الكهرباء أكثر انتظامًا، بما يعكس تطور الأطر التنظيمية والمؤسسية اللازمة للتجارة الإقليمية. حيث بلغ إجمالي الطاقة الكهربائية التجارية المتداولة ٥,٨١٢ جيجاواط- ساعة، ومجموع الطاقة الكهربية المتبادلة ٧,٩١٣ جيجاواط- ساعة في عام ٢٠٢٥.

ويمثل هذا التطور عاملًا مهمًا في إعادة تقييم مشروع محطة نووية مشتركة، إذ إن وجود سوق إقليمية للكهرباء يوفر آلية لتسويق إنتاج المحطة وتقاسم المنافع والتكاليف بين الدول المشاركة. كما أن نجاح دول المجلس في إجراء معاملات فعلية لتبادل الكهرباء يعكس مستوى من الثقة والتعاون يمكن البناء عليه في مشروع أكثر تعقيدًا مثل الطاقة النووية.

٤.تطور الحوكمة والخبرات النووية

حققت دول مجلس التعاون تقدمًا كبيرًا في تطوير البنية القانونية والتنظيمية والخبرات اللازمة للاستخدام السلمي للطاقة النووية. وتبرز دولة الإمارات العربية المتحدة بصورة خاصة، بعد تشغيل أربعة مفاعلات نووية بقدرة إجمالية تتجاوز ٥٣٠٠ ميغاواط، وما صاحب ذلك من تطوير منظومة رقابية متقدمة.

كما قطعت المملكة العربية السعودية خطوات مهمة في تطوير إطارها التنظيمي والمؤسسي للطاقة النووية، إضافة إلى توقيعها اتفاقيات تعاونية مع الإمارات وعمان خاصة بالشؤون التنظيمية النووية



والاشعاعية. وعزّزت دول أخرى في المجلس تعاونها في المجالات التنظيمية والرقابية والاستخدامات السلمية للتكنولوجيا النووية.

وتوفر هذه الخبرات المتراكمة أساسًا يمكن الاستفادة منه في تطوير إطار حوكمة إقليمي، وربما الاستناد إلى الخبرات المؤسسية المتقدمة في الإمارات والسعودية عند دراسة استضافة أو إدارة منشأة نووية مشتركة.

٥. التطور التكنولوجي والتنافسية الاقتصادية

شهدت التكنولوجيا النووية تطورات مهمة خلال السنوات الماضية، بما في ذلك المفاعلات الصغيرة المعيارية (SMRs) ومفاعلات الجيل الرابع، التي تتميز بتصاميم أكثر مرونة وخصائص سلامة متقدمة وإمكانية ملاءمتها لمختلف احتياجات الشبكات الكهربائية.

كما ينبغي عند تقييم الجدوى الاقتصادية للطاقة النووية عدم الاعتماد حصرًا على التكلفة المستوية للكهرباء (levelized cost of electricity)؛ نظرًا إلى اختلاف خصائص التشغيل بين مصادر التوليد المستقرة، كالنووية والغاز، ومصادر التوليد المتقطعة، كالطاقة الشمسية والرياح. ومن ثم، ينبغي أن يأخذ التقييم في الاعتبار قيمة الموثوقية واستقرار الشبكة وتكاليف التكامل مع مصادر الطاقة المتجددة وأمن الإمدادات.

الفوائد المحتملة لمحطة نووية خليجية مشتركة

يمكن للشراكة الإقليمية أن تحقق عددًا من المزايا، من أهمها تقاسم تكاليف الاستثمار والتشغيل، والاستفادة من اقتصاديات الحجم، وتوزيع إنتاج الكهرباء بين الدول المشاركة عبر شبكة الربط الخليجي.

كما يمكن للدول التي لا تمتلك بنية تحتية نووية متكاملة المشاركة في المشروع دون الحاجة إلى تطوير جميع عناصر البرنامج النووي داخل أراضيها. وتكتسب هذه الميزة أهمية خاصة للدول ذات المساحة الجغرافية المحدودة، مثل البحرين والكويت وقطر.

وتوجد نماذج دولية لمشاريع نووية مشتركة أو ثنائية، بما في ذلك محطة أكويو (Akkuyu) بين تركيا وروسيا بقدرة توليدية اجمالية ٤٨٠٠ ميغاواط، ومحطة بلاروسية (Belarusian) بين بيلاروسيا وروسيا بقدرة اجمالية ٢٤٠٠ ميغاواط، ومحطة كرشكو (Krško) بين سلوفينيا وكرواتيا بقدرة اجمالية ٦٩٦ ميغاواط، بما يوضح إمكانية تطوير نماذج ملكية وتمويل وتشغيل مشتركة في القطاع النووي.

النماذج التجارية المحتملة

يمكن تصميم المشروع وفق نماذج مختلفة للملكية والتمويل والتشغيل، بما في ذلك شركة مشتركة تملكها الدول المشاركة بحصص متفاوتة، أو شركة ذات غرض خاص، أو مزيج من الملكية الحكومية والاستثمار المؤسسي.

وقد تكون الإمارات والسعودية، بالنظر إلى تطور البنية التحتية والخبرات والحوكمة النووية لديهما، مرشحتين محتملتين لاستضافة محطة إقليمية، مع إمكانية تصدير جزء من إنتاجها إلى الدول الشريكة وتقاسم تكاليف الاستثمار وفق نموذج تجاري متفق عليه.

الاعتبارات الرئيسة لإنجاح الشراكة النووية الخليجية

رغم التطورات الإيجابية، فإن المضي نحو إنشاء محطة نووية إقليمية مشتركة يتطلب التوافق حول عدد من الاعتبارات المهمة، من أبرزها:

- تعزيز الثقة والاعتمادية المتبادلة بين الدول المشاركة فيما يتعلق بتأمين إمدادات الكهرباء، بما يضمن استمرارية وموثوقية الإمدادات في إطار الشراكة الإقليمية.
- مراعاة التطورات والظروف السياسية والأمنية الإقليمية عند تحديد الدولة أو الدول المستضيفة، ووضع ترتيبات مناسبة لضمان استدامة المشروع واستمرارية تشغيله في مختلف الظروف.
- ضمان التوازن والشفافية في الحوكمة وصنع القرار بما يعكس مصالح جميع الدول المشاركة، مع مراعاة اختلاف أحجام الاقتصادات وحصص المساهمة في المشروع.
- التوافق على آليات واضحة ومنصفة لتوزيع تكاليف المشروع والمخاطر المرتبطة به، إلى جانب تقاسم المنافع بصورة تحقق مصالح جميع الأطراف وتعزّز استدامة الشراكة.
- تعزيز المشاركة والتواصل المجتمعي في الدولة أو الدول المستضيفة، بما يسهم في بناء الوعي بأهداف المشروع ومنافعه، وتعزيز الثقة في أعلى معايير السلامة والأمن وإدارة النفايات النووية.
- استكمال الإطار القانوني والمؤسسي والتنظيمي الذي يحدد بوضوح المسؤوليات المتعلقة بالسلامة والأمن والمسؤولية النووية، فضلًا عن ترتيبات التمويل والملكية والتشغيل وتسعير وتبادل الكهرباء.

الخلاصة

تشيرالتطورات التي شهدتها دول مجلس التعاون خلال السنوات الخمس عشرة الماضية إلى أن الظروف التي حالت دون تنفيذ مبادرة محطة الطاقة النووية الخليجية المشتركة عام ٢٠١٠ قد تغيرت بصورة جوهرية. فقد تطورت شبكة الربط الكهربائي، ونضجت تجارة الكهرباء الإقليمية، وتراكمت الخبرات في الحوكمة والتنظيم النووي، كما ازداد الطلب على الطاقة وارتفعت أهمية خفض الانبعاثات وتنويع مزيج الطاقة.

وعليه، فإن إعادة تقييم الشراكة النووية الخليجية تستحق النظر، خصوصًا بالنسبة للدول التي تدرس إنشاء قدرات نووية جديدة. ولا يعني ذلك بالضرورة العودة إلى النموذج المقترح عام ٢٠١٠، بل دراسة نماذج أكثر مرونة تتناسب مع الظروف الحالية، بما في ذلك الملكية المشتركة، والاستضافة في دولة واحدة، وتصدير الكهرباء عبر شبكة الربط الخليجي.

وقد توفر مثل هذه الشراكة فرصة لتقاسم أعباء الاستثمار والمخاطر، وتعزيز أمن الطاقة، ودعم أهداف التنمية وخفض الانبعاثات، مع الاستفادة من الخبرات والبنية التحتية التي طورتها دول المجلس خلال السنوات الماضية.

التحول في قطاع الطاقة وتحمّل تكاليفها:

دروس التجربة الألمانية تجاه أزمة ارتفاع أسعار النفط والغاز



آرون براكتيكنيو (Aaron Praktiknjo)
رئيس اقتصاديات نظم الطاقة، مركز E.ON لأبحاث الطاقة، جامعة آخن التقنية (RWTH Aachen) ورئيس الجمعية الدولية لاقتصاديات الطاقة

عندما تؤدي اضطرابات الإمدادات في الخليج إلى ارتفاع أسعار النفط والغاز، تمتد آثارها في الدول المنتجة المصدرة والمستهلكة المستوردة. ويتناول المقال تجربة ألمانيا بوصفها إحدى الدول المستوردة المتأثرة بهذه الصدمات واستجابتها.

أزمتان يفصل بينهما نصف قرن

في عام ١٩٧٣، إبان انخفاض الإمدادات وارتفاع أسعار النفط بنحو أربعة أضعاف، خلت الطرق السريعة الألمانية من السيارات في أيام الأحد التي حُظر فيها استخدامها. وأعادت الحرب في منطقة الخليج في مارس ٢٠٢٦ تلك المشاهد، مع اضطراب تدفقات النفط الخام والمنتجات المكررة والغاز الطبيعي المسال (LNG) عبر مضيق هرمز، وارتفاع أسعار البنزين والديزل إلى ما يقارب ٥,٢ يورو للتر. وتُعدّ ألمانيا حالة جديرة بالدراسة؛ فهي اقتصاد صناعي كبير ذو موارد محلية محدودة من الهيدروكربونات، وبرنامج طموح للتحول في قطاع الطاقة (Energiewende)، وسجل طويل من الاستجابة لصدمات الواردات.

قبل عام ١٩٧٣ اقتصاد ألمانيا يعتمد على استيراد النفط

بلغ استهلاك ألمانيا عام ١٩٧٠ من الطاقة الأولية نحو ١٢,٧٠٠ بيتاجول (PJ)، وفق الأرقام المجمّعة لألمانيا الشرقية والغربية وطريقة الإحلال (Substitution Method) (١,٢). وشكّل النفط ٤٣,٢٪، والفحم البني (الليغنيت) ٢٥,٤٪، والفحم الحجري ٢٣,٨٪ والغاز الطبيعي ٤,٥٪، والمتجددة ٣,١٪ وجاء ٥٨٪ من مصادر محلية، مقابل ٤٢٪ مستوردة، شكّل النفط معظمها بنحو ٤١٪.

وتتضح الصورة أكثر عند النظر إلى الطاقة النهائية؛ أي تلك التي يستخدمها المستهلكون فعليًا. حيث تشير إحصاءات الطاقة الأولية إلى هيكل الإمدادات ومخاطر الواردات، بينما تكشف إحصاءات الطاقة النهائية عن قنوات انتقال صدمات الأسعار إلى الأسر والشركات (٣). فقد اعتمد النقل على المنتجات النفطية لتلبية ٩٨,٦% من احتياجاته. وفي الأسر، غطّت المنتجات النفطية ٥٣% معظمها للتدفئة، مقابل ٢٦% للفحم الحجري. وفي الصناعة، بلغت حصة الفحم ٤٠% والنفط ٢٥%. ولذلك أصابت صدمة ١٩٧٣ ألمانيا في التنقّل والتدفئة.

الاستجابة لأزمة ١٩٧٣ وتلاشي إجراءات الطوارئ واستمرار أثر البنية التحتية

تمثّلت استجابة ألمانيا الفورية إبان أزمة ١٩٧٣ في حظر السيارات أيام الأحد، ووضع حدود مؤقتة للسرعة، وحملات توعية لترشيد استهلاك الطاقة.

أما الآثار طويلة الأجل، فتمثّلت في تغييرات أساسية في منظومة الطاقة؛ فقد انضمت ألمانيا إلى وكالة الطاقة الدولية (IEA)، التي أنشئت عام ١٩٧٤ [٤]، وكوّنت مخزونات نفطية إستراتيجية [٤]. ووسّعت واردات الغاز من الاتحاد السوفيتي، وشغّلت ١٧ مفاعلًا نوويًا بحلول ١٩٩٠، وأبقت الفحم الحجري والبني ركيزتين لأمن الإمدادات. فإجراءات الطوارئ تتلاشى، بينما يستمر أثر خيارات البنية التحتية لعقود.

خمسون عامًا من التحول وتنويع مصادر الطاقة دون تحقيق الاستقلال

تكشف المقارنة بين أعوام ١٩٧٠ و٢٠٠٠ و٢٠٢٥ عن تحول واستمرارية ملحوظة. إذ بحلول عام ٢٠٠٠، ارتفع استهلاك الطاقة الأولية إلى نحو ١٤٤٠٠ بيتاجول، وأصبح المزيج أكثر تنوعًا. بلغت نسبة واردات النفط ٣٨,٢٪، والغاز ٢٠,٧٪، والفحم الحجري ١٤,٠٪، والطاقة النووية ١٢,٩٪، والليغنيت ١٠,٨٪. ومع ذلك، ارتفعت نسبة الواردات إلى نحو ٦١٪، حيث أسهم النفط بنسبة ٣٧٪ والغاز بنسبة ١٦٪.[١،٢]

بحلول عام ٢٠٢٥، انخفض استهلاك الطاقة الأولية إلى نحو ١٠٥٠٠ بيتاجول. وارتفعت نسبة الطاقة المتجددة إلى ٢٣,٣٪، بينما انخفضت نسبة الليغنيت والفحم الحجري إلى ٧,١٪ لكل منهما. واختفت الطاقة النووية تمامًا: فقد اشتد النقاش العام بعد كارثة تشيرنوبيل عام ١٩٨٦، وخططت حكومة الحزب الاشتراكي الديمقراطي الأخضر المنتخبة عام ١٩٩٨ للتخلص التدريجي منها، وتسارعت وتيرة هذا التخلص بعد كارثة فوكوشيما عام ٢٠١١، وأغلقت آخر المفاعلات عام ٢٠٢٣. ومع ذلك، ظل النفط ٣٥,٧٪ والغاز ٢٦,٨٪ عنصرين أساسيين، وارتفعت حصة الواردات إلى نحو ٦٨٪، منها ٣٥٪ للنفط و٢٦٪ للغاز.

نتيجةً لهذه التحولات، أصبح مزيج الطاقة في ألمانيا أكثر تنوعًا، لكنها لم تحقق الاستقلال عن الواردات. وأصبح الغاز ركيزة ثانية لانكشافها على مخاطر الواردات، كما ظهر عام ٢٠٢٢ عند توقف الغاز الروسي. واستجابت لذلك بتخفيض ضرائب الوقود وكبح أسعار الغاز والكهرباء، وإنشاء محطات لاستيراد الغاز الطبيعي المسال وتسريع التحول إلى المضخات الحرارية.

على مستوى الطاقة النهائية، يختلف الوضع باختلاف القطاعات. ففي القطاع المنزلي، حلّ الغاز محل النفط كوقود التدفئة الرئيس: ففي عام ٢٠٢٥، شكّل الغاز ٣٦,٨٪ من استهلاك الطاقة النهائي في ذلك القطاع (نحو ٢٣٠٠ بيتاجول إجمالًا)، والكهرباء ٢٠,٤٪، والمنتجات النفطية ١٧,١٪، والكتلة الحيوية ١٢,٦٪. أما قطاع النقل، على النقيض، فلم يشهد تغييرًا يُذكر. إذ لا تزال المنتجات النفطية تُغطي ٩٢,٠٪ من استهلاكه البالغ نحو ٢٥٠٠ بيتاجول في عام ٢٠٢٥، بينما تُسهم أنواع الوقود الحيوي بنسبة ٥,٣٪. وبعد مرور نصف قرن على عام ١٩٧٣، لا يزال قطاع النقل في ألمانيا مُرتبطًا ارتباطًا وثيقًا بالنفط.



صدمة الأسعار عام ٢٠٢٦ وتخفيض ضرائب الوقود

وجاءت أزمة عام ٢٠٢٦ لتطول قطاع النقل، الذي لم يشهد تحوّلًا جوهريًا في مصادر الطاقة المستخدمة فيه. وكما حدث عام ٢٠٢٢، سارعت الحكومة الألمانية إلى تخفيض ضرائب الوقود مؤقتًا بمقدار ١٧ سنتًا من اليورو لكل لتر من البنزين والديزل خلال شهري مايو ويونيو ٢٠٢٦ (٦) . ورغم سرعة تنفيذ هذه التدابير ووضوحها للمستهلكين، يبقى السؤال: ما مدى فعاليتها وكفاءتها؟

للإجابة عن هذا السؤال، جمع فريقي في جامعة RWTH آخن التقنية بين مسارين بحثيين. **أولًا**، قمنا بتقدير استجابات الطلب على الطاقة للأسر المعيشية باستخدام بيانات اللوحة الاجتماعية والاقتصادية (Socio-Economic Panel (SOEP)، التي تضم نحو ٥٠,٠٠٠ مشاهدة للتدفئة والكهرباء، ولوحة التنقل الألمانية German Mobility Panel (MOP)، التي تضم نحو ١٠,٠٠٠ مشاهدة للتنقل، وتغطي الفترة من عام ١٩٩١ إلى عام ٢٠١٩. (٥) اخترنا عمدًا هذه الفترة التي سبقت الأزمة لرصد المعايير السلوكية الهيكلية بمعزل عن تشوهات الجائحة أو الأزمة. يُنتج نموذج لوحة ديناميكي مع تأثيرات ثابتة للأسر المعيشية وتفاعلات الدخل مرونة سعرية قصيرة وطويلة الأجل تختلف باختلاف مستويات الدخل.

ثانيًا، أدخلنا هذه المرونات في محاكاة جزئية (Microsimulation) تستند إلى بيانات ممثّلة للمجتمع عن دخول نحو ٤٠٠٠٠ أسرة وإنفاقها (٦). ويحاكي النموذج صدمة الأسعار، والتدبير الحكومي المتخذ لمواجهتها، والاستجابات السلوكية للأسر، ثم يقيّم مقدار تخفيف الأعباء لكل أسرة، ومستوى فقر الطاقة، والتكلفة على المالية العامة، واستجابة الطلب، والانبعاثات.

من يمكنه الاستفادة من التخفيف السريع للأعباء؟

يُوفر الإعفاء الضريبي على الوقود في المتوسط، للأسرة الألمانية ١٠,٧ يورو شهريًا، بتكلفة مالية تُقدر بنحو ٤٤٠ مليون يورو شهريًا للأسر الخاصة وحدها. ولأن هذا الإعفاء مرتبط بالاستهلاك، فإنه يتبع استخدام الوقود: تحصل الأسر في النصف الأعلى من توزيع الدخل على نحو ١٢,٩ يورو شهريًا، بينما تحصل الأسر في أدنى شريحة دخل على ٣,٢ يورو فقط. أما الأسر ذات الدخل المنخفض التي لا تملك سيارة فلا تحصل على أي شيء. كما يُضعف هذا الإعفاء إشارة السعر تحديدًا عندما يكون العرض شحيحًا. في محاكاتنا، يرتفع الطلب على الوقود بنسبة ٢,٢٪ مقارنةً بالوضع بدون هذا الإجراء. هذا الارتفاع يُقلل جزئيًا من الوفورات المرجوة ويُعوق ترشيد الاستهلاك الذي تتطلبه أزمة العرض.

والأهم من ذلك، أن هذا الإجراء غير مُوجه بشكل كافٍ لمعالجة فقر الطاقة. من بين ما يقارب ٤٠ مليون أسرة في ألمانيا، يعاني نحو ٢,٣ مليون أسرة من فقر الطاقة وفقًا لمؤشر ارتفاع تكلفة الطاقة وانخفاض الدخل High-Cost-Low-Income (HCLI)، ما يعني أن دخلهم بعد خصم تكاليف الطاقة يقل عن خط الفقر. ومن كل ١٠٠ يورو تُنفق على الإعفاء الضريبي على الوقود، لا يصل إلى هذه الأسر سوى ٨,٦ يورو، بينما يصل ٩١,٤ يورو إلى الأسر غير الفقيرة في مجال الطاقة. وبالتالي، فإن تخصيص الطاقة بناءً على الاستهلاك يُعد أداة غير فعالة للتخفيف من حدة فقر الطاقة.

إجراءات بديلة لتخفيف الأعباء

قيّم فريق العمل أربعة خيارات وفق أربعة معايير لمقارنة البدائل بتخفيض ضرائب الوقود، وهي سرعة التنفيذ، ودقة الاستهداف، والحفاظ على الإشارة السعرية، والإسهام في التحول في قطاع الطاقة. ويتميّز تخفيض أسعار الوقود بسرعة التنفيذ، لكن قدرته على استهداف الفئات الأكثر احتياجًا ودعم التحول محدودة، كما يُضعف الإشارة السعرية. أما التحويلات النقدية الموجّهة، فتُحقق نتائج جيدة في الاستهداف ودعم التحول، وتحافظ على الإشارة السعرية، لكن سرعة تنفيذها تعتمد على القدرة الإدارية. ويحقق دعم النقل العام أداءً متوسطًا من حيث سرعة التنفيذ والاستهداف، مع إسهامه في دعم التحول. أما خفض أسعار الكهرباء، فيستغرق تنفيذه وقتًا، لكنه يحقق نتائج جيدة في الاستهداف ودعم التحول، لأنه يزيد جاذبية البدائل التي تعمل بالكهرباء.



ويقوم المبدأ الأساس على تخفيف الأعباء بفعالية وكفاءة، مع الحفاظ على الإشارات السعرية دون تشويه. وتكون الدول التي تمتلك بالفعل مؤسسات قادرة على تنفيذ التحويلات النقدية الموجّهة أكثر استعدادًا لتطبيق هذا المبدأ خلال الأزمات.

الاستجابة طويلة الأمد وانتشار الكهرباء Electrification

كما كان الحال في عام ١٩٧٣، ستكون الاستجابة الدائمة لصدمة عام ٢٠٢٦ هيكلية. فقد شهدت ألمانيا تحولًا سريعًا في قطاع الكهرباء، إذ حلت الطاقة النووية محل الفحم في توليد الطاقة بين سبعينيات وتسعينيات القرن الماضي، ونمت مصادر الطاقة المتجددة نموًا سريعًا منذ عام ٢٠٠٠. وارتفعت حصتها من استهلاك الكهرباء من ٦٫٣% (نحو ٤٠ تيراواط/ساعة) في عام ٢٠٠٠ إلى ٢٣٫٥٪ في عام ٢٠١٢، ثم إلى ٤٥٫٣٪ في عام ٢٠٢٠، و٥٥٫١٪ (نحو ٢٩٠ تيراواط/ساعة) في عام ٢٠٢٥.[١]

ومع ذلك، لا تُقلل الكهرباء المتجددة من الاعتماد على استيراد النفط والغاز إلا بعد كهربة التدفئة والنقل. هنا، يكون الانتشار أبطأ ولكنه يتسارع: ارتفعت نسبة السيارات الكهربائية التي تعمل بالبطاريات من ١٫٨٪ من تسجيلات السيارات الجديدة في عام ٢٠١٩ إلى ١٩٫١٪ في عام ٢٠٢٥،[٧] بينما نمت حصة المضخات الحرارية الكهربائية في مبيعات أنظمة التدفئة من ١٢٪ إلى ٤٧٫٧٪ خلال نفس الفترة.[٨] بالنظر إلى العمر الطويل للمركبات وأنظمة التدفئة، فإن تحويل المخزون الحالي سيستغرق سنوات، لكن هذه هي القناة التي من خلالها يقلل التحول في مجال الطاقة في نهاية المطاف من التعرض لصدمات الأسعار.

دروس مستفادة من الحالة الألمانية

تُفضي هذه التجربة إلى خمسة دروس. أولًا، يتغيّر الانكشاف على مخاطر الواردات بمرور الزمن. ثانيًا، تحدّد الطاقة النهائية القدرة على تحمّل التكاليف. ثالثًا، تمنح الإجراءات قصيرة الأجل مهلة للاستجابة وتخفّف الضغوط، لكنها لا تغيّر هيكل الطاقة. رابعًا، يتحقق التغيير الأساس في منظومة الطاقة عبر قطاعات الاستخدام النهائي، وتزداد أهمية الكهرباء المتجددة عند كهربة التدفئة والنقل. خامسًا، يتطلب التخفيف الفعّال مؤسسات تستطيع الوصول بدقة إلى الأسر الأكثر عرضة للتضرّر.

وبالنسبة إلى الدول المصدّرة للطاقة، مثل المملكة العربية السعودية، تشير هذه الدروس إلى أن الدول المستوردة يُرجّح أن تستجيب لاضطرابات الإمدادات بتسريع انتشار الكهرباء والتنويع، بما يؤثر في الطلب المستقبلي على النفط والغاز. كما تنطبق على السياسات المحلية لحماية الأسر الأكثر عرضة للتضرّر، دون تشويه الإشارات السعرية.

المصادر والمراجع

١. جمعية موازين الطاقة الألمانية (AG Energiebilanzen e.V.; AGEB). موازين الطاقة وجداول التقييم لجمهورية ألمانيا الاتحادية (Energy balances and evaluation tables for the Federal Republic of Germany)، سنوات مختلفة، برلين؛ حسابات المؤلف باستخدام طريقة الإحلال.

٢. وكالة الطاقة الدولية (IEA). موازين الطاقة العالمية، قاعدة بيانات، باريس.

3. Zweifel, P.; Praktiknjo, A.; Erdmann, G. (2017). اقتصاديات الطاقة النظرية والتطبيقات (Energy Economics – Theory and Applications). سلسلة (Springer Texts in Business and Economics). برلين وهايدلبرغ، دار Springer.

٤. وكالة الطاقة الدولية (IEA). المخزونات النفطية والاستجابة للطوارئ، باريس.

5. Priesmann, J.; Praktiknjo, A. (2025)

تقدير المرونات السعرية والدخلية للطلب على الطاقة النهائية في الأجلين القصير والطويل بوصفها دالة في دخل الأسرة

(Estimating short- and long-run price and income elasticities of final energy demand as a function of household income). مجلة Energy Policy، المجلد ٢٠٧، رقم المقالة ١١٤٨٥٠.

6. Praktiknjo, A.; Seeger, K. (2026). فعالية التخفيض الضريبي على الوقود لعام ٢٠٢٦ في تخفيف أعباء الأسر التي تعاني فقر الطاقة. العنوان الأصلي (Wirksamkeit des Tankrabatts zur Entlastung ٢٠٢٦ energiearmer Haushalte). ورقة عمل، كرسي اقتصاديات نظم الطاقة، جامعة آخن التقنية (RWTH Aachen).

٧. المكتب الاتحادي الألماني للمركبات (Kraftfahrt-Bundesamt; KBA) (٢٠٢٦). إحصاءات تسجيل المركبات الجديدة (Statistics on new vehicle registrations)، فلنسبورغ.

٨. الاتحاد الألماني لصناعة التدفئة (Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie; BDH) (٢٠٢٦). تطور سوق أجهزة توليد الحرارة (Market development of heat generators)، كولونيا.



الشمسُ في راحةِ اليد:

حكمة إدارة الطاقة وسياساتها في المملكة العربية السعودية



م. محمد الصادق الحاج

باحث في شؤون الطاقة واقتصادياتها

«إذا كنت لا تعرف ما الذي سيحدث في الأزمات، فالتزم الصمت؛ لأنّ الصمت نوع من أنواع الكلام». مقولة لصاحب السمو الملكي وزير الطاقة ووزير الصناعة والتعدين الأمير عبدالعزيز بن سلمان آل سعود. في هذه العبارة الموجزة يختصرُ سموه النهج الحكيم في إدارة الأزمات. فكما أنّ الصمتَ المدروسَ موقفٌ لا فراغ، فإنّ إدارةَ الطاقة الرشيدةَ تدبيرٌ لا اندفاع. ليست إدارة الطاقة في جوهرها قرارًا فنيًا منفصلًا عن الاقتصاد والسياسة والمجتمع، بل هي عملية شمولية وموازنة دقيقة بين أمن الإمداد، وكفاءة التكلفة، والاستدامة.

تأكيدًا لهذا النهج، تبدو التجربة السعودية في قطاع الطاقة نموذجًا لسياسة لا تقوم على الاندفاع نحو مسار واحد، ولا على التمسك الجامد بمورد واحد، وإنما على إدارة مزيج الطاقة وفق اعتبارات فنية واقتصادية ومؤسسية.

تستند هذه القراءة إلى فكرة محورية: أن الحكمة في إدارة الطاقة لا تعني التخلي السريع عن الموارد القائمة، ولا الاكتفاء بها، بل تعني توظيفها بكفاءة لبناء منظومة مستقبلية أكثر تنوعًا ومرونة وتكاملية.

ومن هنا يمكن قراءة السياسة الطاقوية السعودية من خلال عدة أبعاد مترابطة تشمل الفلسفة التي تنطلق منها، والتصميم حيث أن الطاقة المتجددة هي منظومة وليست مشاريع منفردة، والتمويل القائم على التكلفة المنخفضة والمخاطر المتدنية.

الفلسفة: من منطق «التخلّي» إلى منطق «الاستخدام الأمثل»

يسودُ في كثيرٍ من الأدبيات المناخية افتراضٌ ضمنيٌّ مفادُه أنّ رشادَ السياسة الطاقوية يُقاسُ بسرعةِ التخلّي عن الهيدروكربونات، وكأنّ النفطَ والغازَ أصولٌ ميتةٌ يجبُ التحلّلُ منها بأسرعِ ما يمكن. ويُعرّفُ هذا الإطارُ في الأدبيات الاقتصادية بـ«نموذج الأصول العالقة» (Stranded Assets). غير أنّه يخلطُ بين الغايةِ والوسيلة؛ فالغايةُ ليست هجرَ موردٍ بعينه، بل تعظيمَ الرفاهِ وأمنِ الطاقة وخفضِ الانبعاثات في آنٍ معًا.

يقومُ النهجُ السعودي على بديلٍ أكثرَ اتساقًا: «الاستخدام الأمثل للموارد» (Optimum Utilization of Resources). فالحكمةُ لا تكونُ في إهدارِ ميزةٍ نسبيةٍ قائمة، بل في توظيفها لبناءِ ميزةٍ مستقبلية. وهذا امتدادٌ لأعرقِ نماذجِ اقتصاد الموارد الطبيعية الناضبة: قاعدةُ هوتلنغ (Hotelling, 1931) تُقرِّرُ أنّ الاستنزافَ الكاملَ الآني للمورد ليس قرارًا عقلانيًا؛ ومن المنطقِ نفسِه يُستنتجُ أنّ التخلّيَ الكاملَ الآني ليس عقلانيًا كذلك بل إن استخدام المورد يخضع لمسار رشيد عبر الزمن يرتبط بتكلفة الفرصة البديلة له.

ومن هذه الزاوية، يمكن فهم التدرج السعودي في التحول الطاقوي باعتباره محاولة شمولية للجمع بين ثلاثة أهداف: المحافظة على أمن الإمداد، وخفض الانبعاثات، وبناء قاعدة اقتصادية جديدة تستفيد من عوائد الموارد القائمة بدلًا من إهدارها أو تجميدها.

التصميم: الطاقة المتجددة تحتاج منظومة لا مشروعًا منفردًا

أصعب ما في سياسات الطاقة ليس إعلان المستهدفات، بل تصميم المنظومة القادرة على تحقيقها. فالشبكة الكهربائية نظام هندسي وفيزيائي حساس لا يحتمل القفز غير المدروس. وكل ميجاواط جديد من الطاقة المتجددة يحتاج إلى بنية نقل، واحتياطي تشغيلي، ومرونة في الشبكة، وآليات تخزين أو إدارة طلب تضمن استقرار الإمداد.

في المملكة، يتزامن جزء مهم من إنتاج الطاقة الشمسية مع ساعات الطلب النهاري، خصوصًا في فصل الصيف، حيث يزداد استهلاك الكهرباء بسبب أحمال التبريد. وهذا التزامن يمنح الطاقة الشمسية قيمة تشغيلية واضحة. ومع ذلك، فإن التحدي لا ينتهي عند ساعات الظهيرة؛ إذ يظهر ما يعرف بـ Duck Curve عندما يبدأ الإنتاج الشمسي في الانخفاض مع غروب الشمس، بينما تبقى بعض الأحمال، مثل التبريد والإضاءة، عند مستويات مرتفعة.

هنا تظهر أهمية التخزين بالبطاريات، ليس كإضافة تجميلية، بل كعنصر أساس في منظومة الطاقة المتجددة. فالبطاريات تمكّن من تخزين فائض الإنتاج الشمسي نهارًا، ثم تفريغه خلال ساعات المساء، بما يخفف من حدة صعود صافي الطلب ويقلل الضغط على الشبكة. لذلك، فإن التوسع في الطاقة المتجددة لا ينبغي أن يُقرأ من زاوية القدرة المركبة فقط، بل من زاوية تكامل المنظومة: توليد، ونقل، وتخزين، وتشغيل، وتنظيم، وإدارة طلب. وكلما تحقق هذا التكامل، تحولت الطاقة المتجددة من مشروع إنتاج إلى ركيزة موثوقة في أمن الطاقة.

التمويل: انخفاض التكلفة نتيجة تصميم مؤسسي

لقد حققت المملكة أرقامًا تنافسية في أسعار مشاريع الطاقة المتجددة. فعلى سبيل المثال، يتكون مشروع الشعيبة للطاقة الشمسية من مشروعين: الشعيبة ١ بقدرة ٦٠٠ ميجاواط، والشعيبة ٢ بقدرة ٢٦٠٠ ميجاواط. ومن المهم هنا التفريق بين الأرقام؛ إذ ارتبط الرقم القياسي القريب من ١٠,٤ دولار لكل ميجاواط ساعة بالشعيبة ١، بينما يختلف سعر الشعيبة ٢ ويبلغ نحو ١٧,٩٢ دولار لكل ميجاواط ساعة. كما حقق مشروع دومة الجندل لطاقة الرياح سعرًا تنافسيًا في حدود ١٩,٩ دولار لكل ميجاواط/ ساعة.

هذه الأرقام لا يمكن تفسيرها بالموارد الطبيعية وحدها. فالمنظومة المؤسسية تلعب دورًا كبيرًا، خصوصًا من خلال نموذج المشتري الرئيس، واتفاقيات شراء الطاقة طويلة الأجل PPA، والمناقصات التنافسية، والملاءة الائتمانية العالية، ووضوح الإطار التنظيمي. كل هذه العناصر تخفض مخاطر المشروع، وتطمئن الممولين، وتنعكس في نهاية المطاف على تكلفة انتاج الكهرباء.

ومن الناحية التمويلية، تعتمد كثير من هذه المشاريع على نموذج Non-Recourse Project Finance، حيث يتم تمويل المشروع بناءً على تدفقاته النقدية المتوقعة، لا على ميزانية المطور وحدها. وهذا النموذج يفرض انضباطًا ماليًا عاليًا، لأن المقرضين يقومون بتحليل جدوى المشروع ومخاطره بدقة قبل التمويل. بذلك، فإن انخفاض تكلفة الطاقة المتجددة في المملكة ليس مجرد نتيجة للشمس أو الرياح، بل نتيجة لهندسة مالية ومؤسسية تجعل رأس المال أكثر اطمئنانًا، وتجعل المشروع أكثر قابلية للتمويل.

الخصخصة: تحويل الريع إلى رأس مال منتج

من القضايا الجوهرية في اقتصاد الموارد الطبيعية كيفية التعامل مع عوائد الموارد الناضبة. فالتحدي ليس في تحقيق الإيرادات فقط، بل في تحويل هذه الإيرادات إلى أصول إنتاجية طويلة الأجل. وهنا تبرز فكرة قريبة من قاعدة هارتويك، التي تؤكد أهمية استثمار ريع الموارد الناضبة في رأس مال منتج يحافظ على الرفاه بين الأجيال.

في الحالة السعودية، يمكن قراءة دور صندوق الاستثمارات العامة من هذه الزاوية. فالصندوق لا يمثل مجرد أداة استثمارية، بل إحدى قنوات تحويل الثروة الناتجة من الموارد القائمة إلى أصول ومشاريع وقطاعات جديدة. وقد نمت أصوله المدارة بشكل ملحوظ خلال السنوات الأخيرة، بما يعكس توجهًا إستراتيجيًا نحو بناء محفظة اقتصادية أكثر تنوعًا.

ولا تقتصر هذه الرؤية على الاستثمار الداخلي، بل تمتد إلى بناء شركات وطنية قادرة على المنافسة خارج السوق المحلية. فنجاح الشركات السعودية في الفوز بمشاريع طاقة متجددة في أسواق مختلفة يعكس انتقالًا من نموذج الاعتماد على السوق المحلية إلى نموذج القدرة التنافسية العالمية.

الفارق هنا مهم: هناك فرق بين حماية تمنع المنافسة، واحتضان مؤسسي يبني القدرة على المنافسة. وكلما نجحت الشركات الوطنية في الأسواق الخارجية، تعزّزت الحجة بأن التحول الطاقوي ليس عبئًا على الاقتصاد، بل فرصة لتوسيع قاعدة النمو.

الصدق المناخي: الاقتصاد الكربوني الدائري

تتبنى المملكة إطار الاقتصاد الكربوني الدائري Circular Carbon Economy، القائم على أربعة مسارات: الخفض Reduce، وإعادة الاستخدام Reuse، وإعادة التدوير Recycle، والإزالة Remove. وتكمن أهمية هذا الإطار في أنه لا يتعامل مع التحول المناخي كشعار منفصل عن الواقع الصناعي والاقتصادي، بل كعملية إدارة شاملة للكربون عبر سلسلة القيمة.

في هذا السياق، تمثل الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة إجراءات خفض مباشرة للانبعاثات. أما تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه CCUS، فهي تمثل خيارًا إستراتيجيًا مهمًا للقطاعات التي يصعب خفض انبعاثاتها بشكل مباشر، مثل بعض الصناعات الثقيلة.

ومع ذلك، فإن النظر إلى تقنيات احتجاز الكربون ينبغي أن يكون من زاوية واقعية وداعمة في الوقت نفسه؛ فهي لا تُعد بديلًا عن التوسع في الطاقة المتجددة أو تحسين كفاءة الاستهلاك، بل تمثل أداة مكملة ضمن منظومة أوسع لإدارة الانبعاثات. وتكمن أهميتها في قدرتها على تحويل الكربون من تحدٍّ بيئي إلى مورد يمكن إعادة الاستفادة منه في تطبيقات صناعية واقتصادية مختلفة، متى ما استُخدمت في القطاعات المناسبة، وبكلفة مجدية، وضمن إطار تنظيمي واضح يضمن فعاليتها واستدامتها.

ومن منظور اقتصادي، يمكن ترتيب إجراءات خفض الانبعاثات وفق Marginal Abatement Cost Curve. بعض الإجراءات، مثل كفاءة الطاقة والطاقة الشمسية في مناطق عالية الإشعاع، قد



تحقق خفضًا للانبعاثات مع وفر اقتصادي. وهذا يغير السؤال من: كم سندفع من أجل الخفض؟ إلى: أين يمكن أن نخفض الانبعاثات ونحقق قيمة اقتصادية في الوقت نفسه؟

إدارة الطلب: الكفاءة وقود غير مرئي

لا تكتمل سياسة الطاقة من خلال تحسين جانب العرض وحده؛ فرفع كفاءة إنتاج الكهرباء مهم، إلا أن إدارة استهلاكها تمثل بعدًا لا يقل أهمية في تحقيق الاستدامة والكفاءة الاقتصادية. ومن هنا تبرز إدارة الطلب وكفاءة الطاقة بوصفهما ركيزتين أساسيتين في أي سياسة طاقوية رشيدة، لما لهما من دور في تخفيف الضغط على منظومة الإمداد، وخفض التكاليف، وتقليل الانبعاثات، وتعظيم الاستفادة من الموارد المتاحة.

تتضمن إدارة الطلب عدة أدوات: تسعير يعكس أوقات الذروة، برامج استجابة للطلب، تحسين كفاءة المباني، رفع كفاءة أنظمة التبريد، استخدام أنظمة تحكم ذكية، وتحفيز المستهلكين على تغيير أنماط الاستهلاك. هذه الأدوات لا تخفض التكاليف فقط، بل تقلل كذلك الحاجة إلى استثمارات إضافية في التوليد والشبكات.

وتكتسب كفاءة التبريد أهمية خاصة في المملكة؛ بسبب طبيعة المناخ وارتفاع أحمال التكييف. فكل تحسن في كفاءة المباني أو أنظمة التبريد ينعكس مباشرة على خفض الحمل الكهربائي، وتقليل الانبعاثات، وتحسين موثوقية الشبكة خلال فترات الذروة.

لهذا يمكن القول: إن أرخص كيلوواط/ ساعة هو الذي لا نحتاج إلى توليده. والكفاءة ليست إجراءً ثانويًا، بل مصدر طاقة غير مرئي، يحرر القدرة المتاحة، ويقلل الضغط على الشبكة، ويخفض الفاتورة الاقتصادية والبيئية في الوقت نفسه.

التوازن: مثلّثُ الطاقة هو الحكمة

باختصار، يقوم النهج السعودي الشمولي في إدارة ملفات الطاقة على الاستخدام الأمثل للموارد، والتدرج المدروس في التحول، وتكامل مكونات المنظومة، وبناء أطر مؤسسية وتمويلية تخفض المخاطر والتكاليف وتعزّز أمن الطاقة واستدامته.

من هنا تظهر حكمة السياسة الطاقوية في قدرتها على الموازنة لا في قدرتها على رفع الشعارات. فالمملكة لا تدير موردًا واحدًا بمعزل عن المستقبل، ولا تندفع إلى مستقبل غير مكتمل البنية، بل تحاول بناء مسار انتقالي يجمع بين الموارد القائمة، الطاقة المتجددة، التخزين، كفاءة الطاقة، التمويل، والتنظيم. تلك هي إدارة الطاقة حين تنتقل من مستوى المشروع إلى مستوى السياسة، ومن مستوى الطموح إلى مستوى التصميم، ومن مستوى الشعار إلى مستوى الحكمة.

المصادر والمراجع

١. وزارة الطاقة، المملكة العربية السعودية - التصريحات والبيانات الرسمية (منتدى سانت بطرسبورغ الاقتصادي الدولي ٢٠٢٦).

٢. مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (KAPSARC) - معاملات الانبعاث وكفاءة منظومة الكهرباء.

٣. الهيئة السعودية لتنظيم الكهرباء (SERA) والشركة السعودية للكهرباء (SEC) - التعرفة وبيانات الطلب والذروة.

٤. الشركة السعودية لشراء الطاقة (SPPC) «المشتري الرئيس» - رخصة المشتري الرئيس واتفاقيات شراء الطاقة (PPA) ومشاريع تخزين البطاريات (BESS).

٥. صندوق الاستثمارات العامة (PIF) - التقارير السنوية ونمو الأصول المدارة.

٦. رؤية المملكة ٢٠٣٠ ومبادرة السعودية الخضراء - مستهدفات مزيج الطاقة والحياد الصفري.

7. Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. Journal of Political Economy.

8. Hartwick, J. (1977). Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. American Economic Review.

٩. IEA, IRENA - تقارير كلفة توليد الطاقة المتجددة وسيناريوهات الحياد الصفري.

١٠. Lazard - تقارير LCOE / LCOS السنوية المقارنة.

القيمة الاقتصادية لأجهزة التحكم بالتدفق في الآبار الأفقية



سارة العلقم
مهندسة بترول وباحثة في اقتصاديات الطاقة - جامعة رايس هيوستون

أصبحت الآبار الأفقية جزءًا أساسًا من تطوير كثير من المكامن النفطية، إذ تتيح زيادة مساحة التلامس مع الطبقة المنتجة والوصول إلى حجم أكبر من المكمن من خلال مسار أفقي واحد. ومع امتداد هذا المسار، قد تختلف مساهمة أجزائه في الإنتاج نتيجة تغير النفاذية والتشبع وخصائص الموائع، إضافة إلى تغيرات الضغط على طول البئر. وقد يؤدي ذلك إلى تركز التدفق في مناطق معينة ووصول المياه أو الغاز منها في وقت أبكر من بقية أجزاء البئر.

تُستخدم أجهزة التحكم بالتدفق (Inflow Control Devices – ICDs) للحد من هذا التفاوت من خلال إضافة مقاومة محسوبة للتدفق على امتداد الجزء المنتج. أما أجهزة التحكم الذاتي (Autonomous Inflow Control Devices – AICDs)، فتستجيب لاختلاف خصائص الموائع وظروف التدفق. ورغم اختلاف آلية عمل النوعين، فإن السؤال الأهم اقتصاديًا لا يتعلق باختيار الجهاز الأكثر تطورًا، بل بالقيمة التي يمكن أن يضيفها استخدام التحكم بالتدفق مقارنة بالإكمال التقليدي.

تختلف إستراتيجيات تطوير الحقول النفطية في توقيت إدخال تقنيات التحكم بالتدفق. ففي بعض الآبار الجديدة، تؤخذ مخاطر عدم توازن التدفق والاختراق المبكر للمياه أو الغاز في الاعتبار منذ مرحلة تصميم الإكمال، فتدخل أجهزة التحكم ضمن التصميم قبل بدء الإنتاج. أما في الحقول الناضجة، فقد تُستخدم هذه التقنيات لاحقًا ضمن إعادة تطوير الآبار عندما يصبح ارتفاع إنتاج المياه أو عدم توازن التدفق مؤثرًا في أدائها.

وتقدم المملكة أمثلة على تطبيق تقنيات التحكم بالتدفق في مراحل مختلفة من تطوير الحقول. ففي حقل السفانية، أحد الحقول الناضجة، وثقت حالات ميدانية استخدام أجهزة التحكم بالتدفق ضمن إعادة تطوير الآبار بهدف تحسين توزيع التدفق والحد من مخاطر الاختراق المبكر للمياه. وفي تطبيقات أخرى لأرامكو السعودية، استُخدمت تقنيات الإكمال الذكي والتحكم بالتدفق في الآبار الأفقية ومتعددة الفروع لإدارة مساهمة المناطق المختلفة والتحكم في إنتاج المياه والغاز.

ويكتسب اختلاف توقيت الاستخدام أهمية اقتصادية؛ ففي بئر قائم، قد يأتي الاستثمار بعد أن أصبحت مشكلة المياه أو تراجع أداء بعض أجزاء البئر قابلة للقياس. أما في البئر الجديد، فيُتخذ القرار قبل حدوث المشكلة، ما يعني دفع تكلفة رأسمالية إضافية اليوم مقابل خفض التعرض لتكاليف أو خسائر إنتاجية محتملة لاحقًا. وفي المقابل، يخفض الإكمال التقليدي الاستثمار الأولي، لكنه يترك للمشروع مخاطر التدخل المستقبلي، وارتفاع تكاليف التعامل مع السوائل المنتجة، وتأثر الإنتاج أو سعة المرافق إذا حدث الاختراق مبكرًا.

ومن هنا يصبح قرار استخدام أجهزة التحكم بالتدفق مسألة في تخصيص رأس المال بقدر ما هو قرار في تصميم الإكمال: هل تبرر القيمة المتوقعة خلال عمر البئر التكلفة الإضافية التي تُدفع منذ البداية؟

من توزيع التدفق إلى القيمة الاقتصادية

في الإكمال التقليدي، لا يكون التدفق متساويًا بالضرورة على امتداد البئر الأفقي. وقد تسهم المناطق الأعلى نفاذية أو اختلاف الضغط بين بداية ونهاية الجزء الأفقي في إنتاج كميات أكبر من مناطق محددة. ومع استمرار الإنتاج، قد يؤدي ذلك إلى استنزاف أسرع لهذه المناطق ووصول مبكر للمياه أو الغاز.

تضيف أجهزة التحكم مقاومة للتدفق بهدف توزيع السحب بصورة أكثر توازنًا. والفكرة ليست منع المياه أو الغاز نهائيًا، وإنما الحد من الاختراق المبكر وتوزيع مساهمة أجزاء البئر بصورة أكثر توازنًا.

لكن التحسن الفني لا يعني تلقائيًا تحسنًا اقتصاديًا. فالجهاز نفسه الذي يحد من تدفق المياه يفرض مقاومة أمام التدفق، وإذا كانت هذه المقاومة أعلى من المطلوب فقد تؤثر في إنتاج الهيدروكربونات. لذلك لا يمكن الحكم على نجاح التصميم من انخفاض نسبة المياه (Water Cut) أو كمية المياه التراكمية وحدهما.

وهنا تبدأ المقارنة الاقتصادية الحقيقية: بئر بإكمال تقليدي مقابل بئر يتطلب رأس مال إضافيًا لإضافة أجهزة التحكم. تحدث التكلفة الإضافية في بداية المشروع، بينما تظهر نتائج القرار على مدى سنوات من خلال تغير إنتاج الهيدروكربونات والمياه المنتجة، وتكاليف التشغيل، واستخدام سعة المرافق، واحتمال الحاجة إلى تدخلات مستقبلية في البئر.

لهذا يعد صافي القيمة الحالية (Net Present Value – NPV) أكثر فائدة من مقارنة التكلفة الأولية وحدها. فالقرار يصبح مبررًا اقتصاديًا عندما تكون القيمة الحالية للتدفقات النقدية الإضافية الناتجة عن استخدام أجهزة التحكم أكبر من رأس المال الإضافي المطلوب لها.

وتأتي الهيدروكربونات في مقدمة هذه الحسابات. فإذا أدى التحكم بالتدفق إلى تأخير الاختراق المبكر للمياه أو الغاز والمحافظة على إنتاج النفط أو الغاز ذي القيمة الاقتصادية، فإن القيمة لا تأتي فقط من كمية الهيدروكربونات التي يمكن المحافظة على إنتاجها، بل من توقيت إنتاجها أيضًا. فالإنتاج المحقق في السنوات الأولى يحمل قيمة حالية أعلى من الكمية نفسها إذا تأخر إنتاجها عدة سنوات.



وفي المقابل، إذا أدى التقييد إلى فقدان جزء من إنتاج الهيدروكربونات، فيجب احتساب قيمة هذا الإنتاج المفقود ضمن التقييم الاقتصادي. فقد ينجح تصميم ما في الحد من إنتاج المياه أو الغاز غير المرغوب فيه، لكنه لا يكون مجديًا اقتصاديًا إذا تجاوزت قيمة الهيدروكربونات المفقودة القيمة الاقتصادية التي حققها هذا الانخفاض. فبرميل النفط المفقود وبرميل الماء الذي لم يتم إنتاجه لا يحملان القيمة المالية نفسها. وهذا التمييز مهم أيضًا بالنسبة للغاز؛ فالغاز المنتج قد يحمل قيمة اقتصادية، ولا ينبغي التعامل مع خفضه باعتباره مكسبًا بصورة تلقائية.

ولهذا فإن المقارنة بين الإكمالين يجب أن تركز على الفرق في التدفقات النقدية، وليس على مؤشر تشغيلي منفرد. حتى الإنتاج التراكمي قد لا يكون كافيًا للمقارنة؛ فقد يصل بئران إلى كميات متقاربة من الهيدروكربونات خلال عمرهما، بينما يحقق أحدهما NPV أعلى بسبب إنتاج نسبة أكبر منها في السنوات الأولى أو تأخير جزء من التكاليف إلى سنوات لاحقة.

المياه والغاز وسعة المرافق

تدخل المياه المنتجة في التقييم الاقتصادي من خلال التكلفة المرتبطة بكل برميل يصل إلى السطح. فالمياه تحتاج إلى الرفع مع السوائل المنتجة، ثم الفصل والمعالجة وإعادة الحقن أو التخلص منها. وتشمل تكلفة الطاقة والمواد الكيميائية والتشغيل والصيانة، وقد ترتفع مع تقدم عمر الحقل وارتفاع نسبة المياه (Water Cut).

لذلك لا توجد قيمة اقتصادية ثابتة لخفض المياه يمكن تطبيقها على جميع الآبار. فإذا كانت تكلفة التعامل مع المياه منخفضة وتوجد سعة كافية في المرافق، فقد تكون قيمة خفض ألف برميل يوميًا محدودة نسبيًا. أما إذا كانت تكلفة الرفع والمعالجة وإعادة الحقن مرتفعة، فإن الكمية نفسها تحمل أثرًا ماليًا أكبر.

وتصبح المسألة أكثر أهمية عندما تقترب مرافق معالجة المياه من طاقتها القصوى. في هذه الحالة لا يمثل برميل الماء تكلفة تشغيلية فقط، بل يشغل جزءًا من سعة محدودة كان من الممكن استخدامها لاستقبال سوائل من بئر آخر.

وهنا تدخل تكلفة الفرصة (Opportunity Cost) في التقييم. فإذا أدى خفض المياه من بئر إلى إتاحة سعة تسمح بإنتاج كمية إضافية من الهيدروكربونات من البئر نفسه أو من آبار أخرى، فإن قيمة التحكم لا تقتصر على انخفاض تكلفة معالجة المياه. بل يجب أيضًا النظر إلى قيمة الإنتاج الذي أصبح ممكنًا نتيجة توفر هذه السعة.

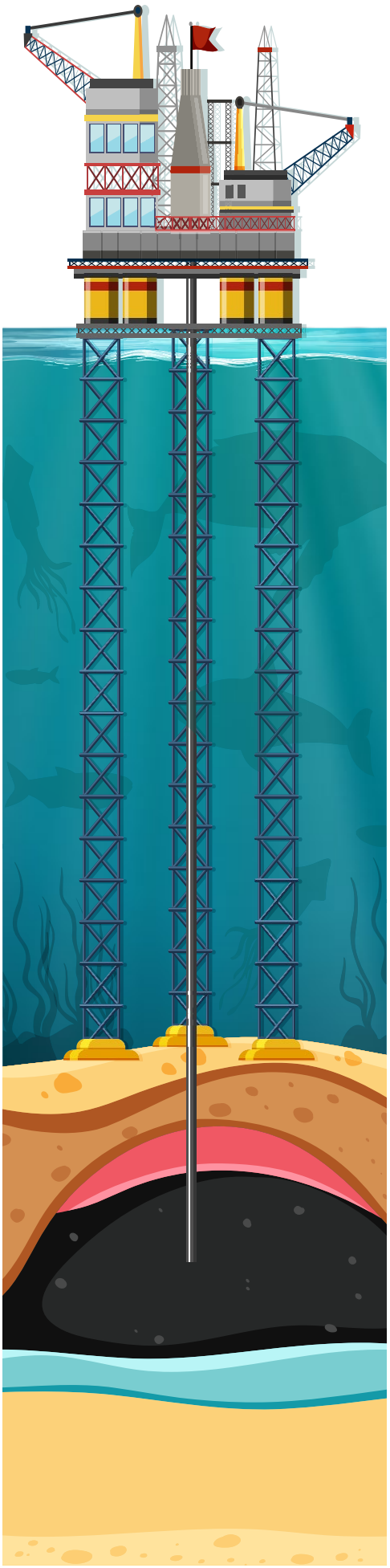
وقد يظهر أثر آخر في الاستثمارات الرأسمالية للمرافق. فإذا كان ارتفاع إنتاج المياه سيؤدي إلى توسعة قدرات المعالجة أو إعادة الحقن في تاريخ معين، فإن تأخير الوصول إلى ذلك الحد قد يؤجل الإنفاق الرأسمالي المطلوب. وحتى إذا ظلت التوسعة مطلوبة مستقبلًا، فإن تأخير الإنفاق الرأسمالي (CAPEX) عدة سنوات يغير قيمته الحالية، وبالتالي يؤثر في اقتصاديات المشروع.

وهذه النقطة توسع حدود التقييم من البئر إلى الحقل. فقد تتحمل بئر واحدة تكلفة أجهزة التحكم، بينما يظهر جزء من القيمة الاقتصادية في بئر أخرى تستفيد من السعة المتاحة. وإذا اقتصر التحليل على أداء البئر منفردًا، فقد لا تظهر هذه القيمة كاملة.

أما الغاز، فيحتاج إلى معاملة مختلفة عن المياه. فالغاز المصاحب قد يكون هيدروكربونًا ذا قيمة اقتصادية، ولذلك لا يمكن اعتبار كل انخفاض في إنتاجه نتيجة إيجابية. فعندما يكون الغاز قابلًا للبيع وتوجد سعة كافية لفصله وضغطه ومعالجته، فإن تقييده قد يعني فقدان جزء من الإيرادات.

وتختلف الصورة عندما يحدث اختراق مبكر للغاز أو عندما يصبح إنتاجه قيدًا على إنتاج النفط. فإذا استهلك الغاز سعة محدودة في الفصل أو الضغط أو المعالجة، أو أدى ارتفاعه إلى تقييد إنتاج النفط، فقد تكون قيمة التحكم مرتبطة بكمية النفط التي يمكن المحافظة على إنتاجها وبالسعة التي لم يعد الغاز يستهلكها.

لذلك لا يكفي النظر إلى مقدار انخفاض نسبة الغاز إلى النفط (Gas-Oil Ratio – GOR). السؤال الاقتصادي هو: ما قيمة الهيدروكربونات التي يمكن المحافظة على إنتاجها؟ وما قيمة الغاز الذي قد يُفقد نتيجة التقييد؟ وما أثر ذلك في استخدام سعة المرافق وتكاليف التشغيل؟ فخفض الغاز لا يمثل قيمة اقتصادية بحد ذاته، وإنما تتحدد قيمته بحسب دوره في إنتاج البئر واقتصاديات الحقل.



تقييم الاستثمار خلال عمر البئر

بعد تحديد أثر أجهزة التحكم في إنتاج الهيدروكربونات والمياه واستخدام المرافق، يمكن تقييم القرار على أساس الاقتصاديات الإضافية (Incremental Economics): ما رأس المال الإضافي المطلوب لاستخدام أجهزة التحكم، وما التدفقات النقدية التي ستتغير نتيجة هذا الاستثمار؟

ويمكن التعبير عن ذلك من خلال صافي القيمة الحالية الإضافية (Incremental NPV)، أي الفرق بين صافي القيمة الحالية للبئر المزودة بأجهزة التحكم وصافي القيمة الحالية للبئر التقليدية. ويشمل هذا الفرق التغير في إيرادات النفط والغاز، وتكاليف التعامل مع المياه، وأثر القيود في المرافق السطحية، والتدخلات المستقبلية المتوقعة، مقابل التكلفة الإضافية للإكمال.

ولا يعني ذلك أن كل تكلفة مستقبلية يمكن اعتبارها قيمة مؤكدة لأجهزة التحكم. فإذا كان الاختراق المبكر للمياه أو الغاز قد يؤدي مستقبلًا إلى عملية تدخل في البئر (Workover) أو عزل منطقة معينة، فلا يصح اعتبار تكلفة التدخل كاملة تكلفة سيتم تجنبها. فقد يحدث التدخل وقد لا يحدث. والأدق اقتصاديًا هو تقدير التكلفة المتوقعة استنادًا إلى احتمال حدوث التدخل وتكلفته وتوقيت حدوثه، ثم مقارنة هذه القيمة بين الإكمال التقليدي والإكمال المزود بأجهزة التحكم.

وينطبق المبدأ نفسه على الإنتاج. فالقرار يُتخذ قبل معرفة الأداء الفعلي للبئر، ولذلك تعتمد الجدوى على توقعات تحمل قدر من عدم اليقين. فتوقيت اختراق المياه أو الغاز، واستجابة البئر للتقييد، والعمر الاقتصادي الفعلي، وأسعار الهيدروكربونات، وتكاليف التشغيل كلها عوامل قد تختلف عن الافتراضات المستخدمة عند تصميم الإكمال.

وهنا تصبح نقطة التعادل (Break-even) مفيدة. فبدل الاكتفاء بالسؤال عما إذا كانت أجهزة التحكم مجدية اقتصاديًا، يمكن تحديد مقدار التحسن المطلوب حتى يسترد المشروع رأس المال الإضافي.

وقد تتمثل نقطة التعادل في كمية من الهيدروكربونات التي يجب المحافظة على إنتاجها، أو كمية من المياه يجب تجنب إنتاجها، أو تأخير معين في الاختراق المبكر للمياه أو الغاز، أو مزيج من هذه العناصر. فإذا كان استرداد رأس المال الإضافي يتطلب افتراض تحسن كبير جدًا في أداء البئر، فإن القرار يصبح أكثر حساسية لعدم اليقين. أما إذا تحققت نقطة التعادل عند تغير محدود في الإنتاج أو التكاليف، فتكون قدرة الاستثمار على تحمل اختلاف الأداء الفعلي أكبر.

وتتغير نقطة التعادل مع اقتصاديات المشروع. فارتفاع تكلفة التعامل مع المياه يزيد القيمة الاقتصادية للحد من إنتاجها. وارتفاع سعر النفط يرفع قيمة النفط الذي يمكن المحافظة على إنتاجه، لكنه في الوقت نفسه يجعل أي خسارة في إنتاج النفط نتيجة زيادة التقييد أكثر تكلفة. كما أن اقتراب المرافق من حدودها التشغيلية يرفع قيمة السعة المتاحة، بينما يقل هذا الأثر عندما تكون هناك سعة غير مستخدمة.

ويؤثر التوقيت في النتيجة بالقدر نفسه. فإذا ظهر الفرق بين الإكمالين في السنوات الأولى واستمر أثره فترة طويلة، يكون تأثيره في القيمة الحالية أكبر عادة من فرق مماثل لا يظهر إلا قرب نهاية العمر الاقتصادي للبئر. ولهذا قد لا تعطي مقارنة الإنتاج التراكمي للهيدروكربونات أو المياه وحدها صورة كافية عن القرار الاستثماري.

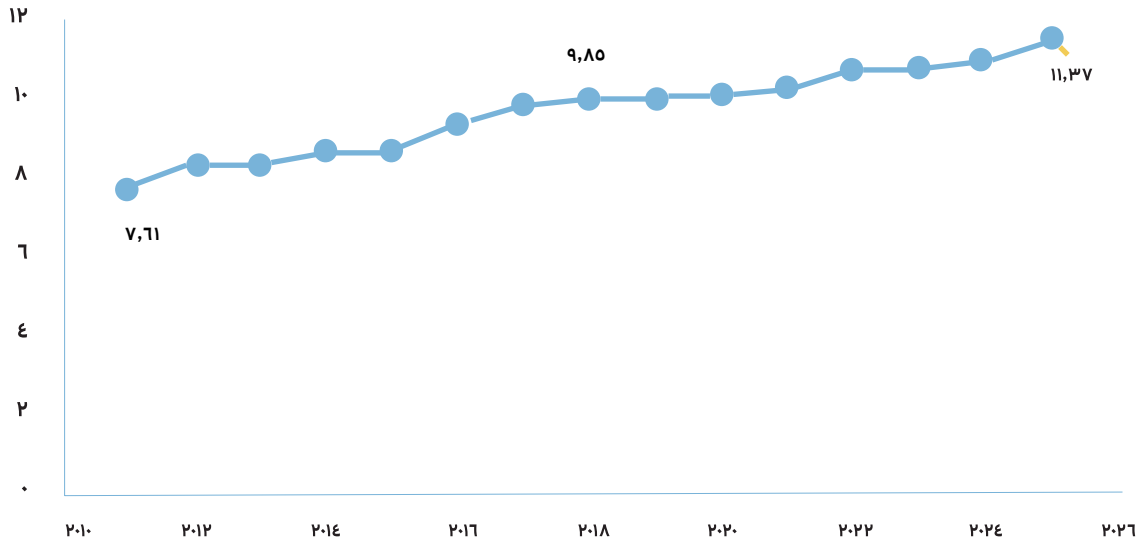
كما يساعد تحليل الحساسية على تحديد المتغيرات الأكثر تأثيرًا في الجدوى. فإذا تغيرت النتيجة بصورة كبيرة نتيجة انخفاض محدود في إنتاج الهيدروكربونات، فإن أثر التقييد على الإنتاج يستحق اهتمامًا أكبر. وإذا كانت القيمة تعتمد أساسًا على وصول مرافق معالجة المياه إلى حدودها التشغيلية، فإن افتراض السعة المتاحة يصبح عنصرًا رئيسيًا في التقييم. وإذا كانت الجدوى تعتمد على تأخير توسعة منشأة سطحية، فيجب أن يدخل توقيت تلك التوسعة وتكلفتها بصورة واضحة في التحليل.

وبذلك لا يقتصر التقييم على الوصول إلى رقم الـNPV، بل يوضح مصدر القيمة الاقتصادية، والافتراضات التي تعتمد عليها، والظروف التي يمكن أن تغير القرار.

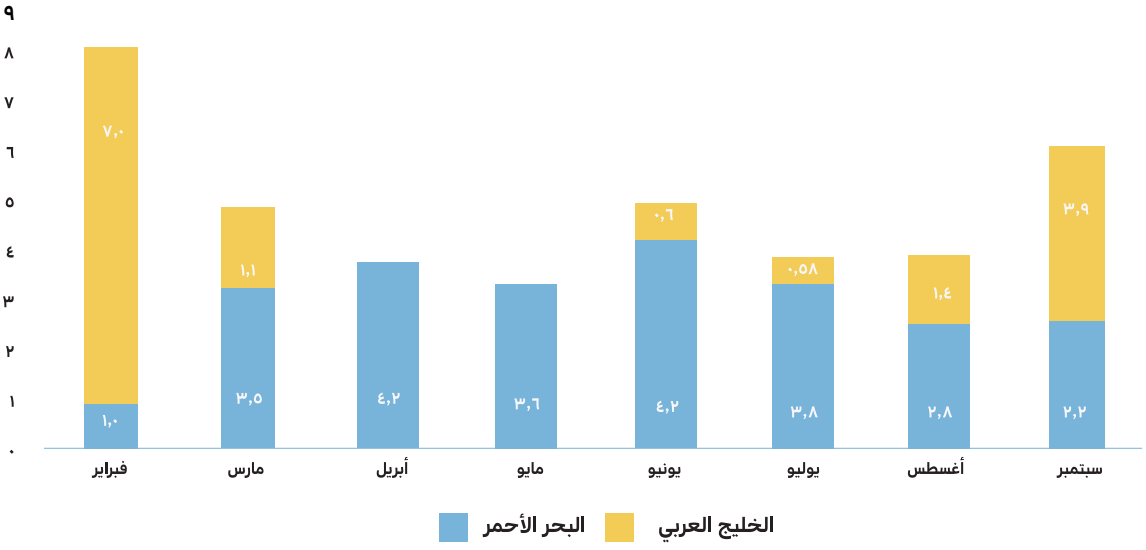
في النهاية، لا تُقاس القيمة الاقتصادية لأجهزة التحكم بالتدفق بمقدار المياه أو الغاز غير المرغوب فيه الذي تستطيع تقييده، بل بأثرها في التدفقات النقدية خلال عمر البئر. ومن هذا المنظور، تصبح المقارنة بين الإكمال التقليدي واستخدام أجهزة التحكم قرارًا في تخصيص رأس المال، يعتمد على ما إذا كانت القيمة الحالية للمنافع الناتجة عن المحافظة على إنتاج الهيدروكربونات، وخفض تكاليف التعامل مع المياه، والاستفادة من سعة المرافق، وتقليل التعرض للتدخلات المستقبلية، تبرر رأس المال الإضافي المستثمر عند الإكمال.

إحصائيات وأرقام

إنتاج أرامكو من الغاز الطبيعي (بليون قدم مكعب/يوميًا)



تقدير صادرات النفط السعودية عبر موانئ الخليج العربي والبحر الأحمر (مليون برميل يوميًا)



إيرادات سابك (بليون دولار)



المصدر: تقديرات نشرة ميس MEES

معادن أعماق البحار:

بين الوفرة الجيولوجية ومحددات السياسة والقانون والبيئة



ياسر هلال

أعاد تصاعد التنافس الدولي على المعادن النادرة إحياء الاهتمام بثروة معادن أعماق البحار بوصفها أحد الخيارات المحتملة لتأمين الإمدادات في عالم يتجه نحو تسييس سلاسل القيمة. غير أن مقاربة استغلال هذه الثروة استنادًا إلى معادلة الوفرة والندرة، تحمل تبسيطًا مخلًا، كما تخفي شبكة معقدة من القيود القانونية والبيئية والتجارية، إضافة إلى أبعاد جيوسياسية متشابكة، تعوق بدء التعدين التجاري على نطاق واسع.

وفرة وتنوع معادن الأعماق

تشير الدراسات الجيولوجية إلى أن قاع البحار يحتوي مليارات الأطنان من المعادن الإستراتيجية، لا سيما في مناطق الأعماق السحيقة التي تمت دراستها، مثل منطقة كلاريون – كليبرتون في المحيط الهادئ وأرخبيل سفالبارد في القطب الشمالي. وهي موجودة على شكل قشور على الصخور، أو كرات صلبة بحجم حبات البطاطس تُعرف بالعقيدات متعددة الفلزات المنتشرة على رمال القاع. وتحتوي هذه الكرات على مزيج صافٍ من النيكل والكوبالت والمنغنيز والنحاس، إلخ.

> شهدت سبعينات القرن الماضي ما عرف بـ «حمّى معادن قاع البحار»، بسبب التخوف من موجة التأميم، وسرعان ما انتهت بسبب المخاطر التجارية والقانونية

ولوضع التطورات الحالية في سياقها التاريخي، نشير إلى أن الاهتمام بالتعدين البحري ليس مستجدًا، فقد بدأ منذ القرن التاسع عشر. وشهدت حقبة سبعينيات القرن الماضي موجة استثمارات عُرفت بـ«حمّى معادن قاع البحار»، وكان سببها الرئيس تخوف الدول الصناعية الكبرى من التداعيات على أمن الإمدادات بسبب التأميم والاضطرابات السياسية في الدول المنتجة، وميل عدد منها نحو المعسكر السوفيتي.

وتم حينذاك استخراج عشرات الآلاف من الأطنان، وتمكنت شركة أمريكية واحدة من رفع نحو ٦٠ ألف طن. كما تم بناء المعدات والسفن اللازمة، ولا تزال السفينة الشهيرة «غلومر إكسبلورر» شاهدة على تلك الحقبة، والتي يُقال: إن وزارة الدفاع الأمريكية أسهمت في تمويل بنائها لاستخدامها في انتشال غواصة نووية سوفيتية. غير أن تلك الموجة انتهت سريعًا عام ١٩٧٧ نتيجة تراجع الأسعار وغياب الجدوى الاقتصادية، والأهم بسبب تعقّد الإطار القانوني الدولي.

محددات وتحديات التعدين التجاري

ربما يكون اليوم أشبه بالبارحة، ليبقى الحديث عن التعدين البحري كحل شامل لمعضلة المعادن الإستراتيجية مبالغًا فيه، إذا لم يُربط بتحليل دقيق للقيود البنيوية وإمكانات وفرص تجاوزها. فالوفرة الجيولوجية لا تعني بالضرورة قابلية تلقائية للاستغلال التجاري، إذ يظل ذلك محكومًا بعوامل متشابكة اقتصادية، سياسية، قانونية، بيئية، ولوجستية.

١. المحددات القانونية

لا يزال الإطار القانوني للتعدين التجاري في أعماق البحار غير مكتمل. فقد انقضت المهلة التي حددتها الهيئة الدولية لقاع البحار (ISA) لإنجاز قانون دولي مع اللوائح التنظيمية بحلول عام ٢٠٢٠. وتم الاتفاق في عام ٢٠٢١ على تمديد المهلة إلى منتصف عام ٢٠٢٣، فيما عُرف بـ«مهلة السنتين»، ليتم تمديدها مرة ثانية إلى عام ٢٠٢٥. وفشلت الجمعية العامة في اجتماعها الأخير في يوليو الماضي في إنجاز القانون، ليُؤجَّل البت به مرة ثالثة. ولا يبدو في الأفق إمكانية كبيرة للاتفاق على القضايا الأساسية، إذ أُعلن عن استمرار وجود أكثر من ٢٠٠٠ نقطة خلافية، يأتي في مقدمتها آليات منح التراخيص في المياه الدولية. ومن المعروف أن اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار (UNCLOS) تنص على وضع أكثر من ٥٠% من مساحة قاع البحار تحت الولاية القضائية الدولية.

> أبرز المعوقات القانونية، هو قرار الأمم المتحدة باعتبار ثروات قاع البحار «تراث مشترك للبشرية» وتخصيص جزء من العائدات للدول النامية.

أما القضية الأكثر تعقيدًا، فتتعلق بالقرار التاريخي الذي اتخذته الأمم المتحدة عام ١٩٧٥ بناءً على اقتراح مندوب مالطا أرفيد باردو، والقاضي باعتبار ثروات قاع البحار «تراثًا مشتركًا للبشرية». وألزم القرار الشركات بتخصيص جزء من عائدات التعدين البحري لصالح الدول النامية، على أن تُودَع في صندوق خاص يؤسَّس في إطار الأمم المتحدة. ونشبت خلافات مستعصية بين الشركات والدول الصناعية الكبرى من جهة، ومندوبي الدول النامية من جهة أخرى، حول نسبة الاقتطاع، وما إذا كانت من الأرباح أم من العائدات، وكذلك حول مقر الصندوق وإدارته، إلخ.

وتجدر الإشارة إلى أن الهيئة الدولية لقاع البحار منحت نحو ٣٠ عقدًا لشركات من عدة دول، ولكن للاستكشاف فقط، وهي موزعة على ثلاث فئات رئيسة: العقيدات متعددة الفلزات، والكبريتيدات البحرية، والقشور الغنية بالكوبالت.

ولا تقتصر التعقيدات القانونية على المياه الدولية، بل تطول التراخيص في المناطق الاقتصادية الخالصة للدول. ففي حين جرى، على مدى عقود، تطوير تشريعات وإجراءات تنظيمية لأنشطة التعدين البري، لا يزال هناك غياب شبه كامل لهذه التشريعات بالنسبة للتعدين البحري.

٢. المحددات البيئية

يشكل البعد البيئي أحد أبرز المعوقات أمام الانتقال إلى التعدين التجاري. فالمعرفة العلمية بالنظم الإيكولوجية في قاع البحار محدودة للغاية، سواء على مستوى الموجودات والمخاطر المحتملة، أم على مستوى سبل الحماية والوقاية. وتوجد مخاوف جدية من تدمير هذه النظم بسبب عمليات الحفر والاستخراج، وكذلك بفعل الرواسب الدقيقة التي يُعاد ضخها في البحار بعد استخلاص المعادن. وقد اختصر رئيس اللجنة التوجيهية لرسم خرائط أعماق المحيطات، الأدميرال شين تاني، المشكلة بقوله: «نحن نعرف عن تضاريس المريخ وتكويناته أكثر بكثير مما نعرفه عن تكوينات قاع المحيطات».

> المخاطر البيئية غير معروفة فنحن «نعرف عن تضاريس المريخ وتكويناتها، أكثر بكثير مما نعرفه عن تكوينات قاع المحيطات»

٣. المحددات التجارية والجدوى الاقتصادية

رغم الخطاب المتفائل، تواجه الجدوى الاقتصادية للتعدين البحري تحديات ومخاطر جوهرية. أولها خطر انهيار الأسعار؛ نتيجة وفرة المعروض بسبب الخطط الطموحة لدى الولايات المتحدة ومجموعة السبع لتطوير مشاريع التعدين والتكرير المحلية أو في دول حليفة ومستقرة سياسيًا. يضاف إلى ذلك مخاطر الإغراق المتعمد من قبل الصين، التي تسيطر على نحو ٩٠% من صناعة تكرير هذه المعادن. ولا تزال تجربة الديسبروسيوم ماثلة في الأذهان، حين قفز سعره بنسبة ٨٠٠% خلال موجة المعادن الأرضية النادرة عام ٢٠١١، قبل أن ينهار بسرعة قياسية.

وتخلق هذه العوامل حالة من عدم اليقين لدى المستثمرين ومؤسسات التمويل، خاصة أن مشاريع التعدين البحري تتطلب استثمارات رأسمالية ضخمة ودورات زمنية طويلة، ما يجعلها أكثر عرضة للخسائر في حال انعكس الاتجاه السعري. ويضاف إلى ذلك معضلة التأمين؛ نظرًا لصعوبة تقييم وتسعير المخاطر وفق نماذج واضحة، ما يؤدي إلى إحجام شركات التأمين أو فرض أسعار مرتفعة.

> تخلق المخاطر البيئية والقانونية حالة من عدم اليقين تؤدي إلى تردد أو حتى إحجام المستثمرين ومؤسسات التمويل وشركات التأمين

٤. المحددات والتأثيرات الجيوسياسية

تحول التعدين في أعماق البحار خلال السنوات الأخيرة من نشاط اقتصادي واستثماري إلى ميدان للتنافس والصراع الجيوسياسي، وانقسم العالم إلى ثلاثة معسكرات: الأول مؤيد للبدء الفوري بالتعدين التجاري لأسباب إستراتيجية، وتقوده الصين وروسيا إضافة إلى النرويج وكندا؛ والثاني معارض يركز على المخاطر البيئية وغياب الإطار القانوني، وتقوده بعض الدول الأوروبية بدعم ضمني من الولايات المتحدة (حتى العام الماضي)؛ والمعسكر الثالث مؤيد لكنه يدعو إلى التريث والتأجيل.

تحول الموقف الأمريكي يقلب المعادلات

يُسجَّل في هذا السياق التحول الجذري في الموقف الأمريكي. فالولايات المتحدة، التي قادت لسنوات التيار المتحفظ على التعدين التجاري، انتقلت إلى مقاربة أكثر هجومية، مدفوعة بتصاعد القلق من تحول الفراغ القانوني والمؤسسي إلى مخاطرة إستراتيجية، أكثر منه أداة حماية.

ويأتي ذلك في ظل التقدم الصيني المنهجي، سواء على صعيد بناء سفن الدعم ومعدات الاستخراج، أم على صعيد أكثر خطورة يتمثل في تغيير خرائط النفوذ البحري، لا سيما في المحيط الهادئ، حيث أبرمت الصين اتفاقيات تعاون اقتصادي وبحري ومناورات عسكرية مشتركة مع جزر صغيرة ذات أهمية إستراتيجية، مثل جزر كوك وجزر سليمان، المصنفة تاريخيًا ضمن المجال الحيوي للولايات المتحدة وحلفائها، فضلًا عن غناها بالعقيدات المعدنية.

وينطبق الأمر نفسه على أرخبيل سفالبارد في القطب الشمالي الغني بالمعادن النادرة، والذي يتحول سريعًا إلى نقطة تماس بين النرويج ومن ورائها الولايات المتحدة والدول الغربية من جهة، وروسيا ومن ورائها الصين من جهة أخرى.

وتزداد أهمية هذه المنطقة مع التغير المناخي وتسارع ذوبان الجليد، ما يفتح مسارات ملاحة جديدة تتداخل فيها مسألة الموارد البحرية مع السيطرة على طرق التجارة المستقبلية.

> أمريكا تقلب المعادلات القانونية والجيوسياسية، بإطلاق التراخيص التجارية لبدء التعدين في المياه العميقة

أمريكا تطلق التراخيص التجارية

تجسد التحول الأمريكي في مجالين رئيسين:

١. إصدار البيت الأبيض في أبريل من العام الماضي أمرًا تنفيذيًا يقضي بتجاوز قواعد الحوكمة الدولية، وينص على تسريع منح تراخيص الاستكشاف والتنقيب التجاري خارج نطاق الولاية الوطنية، استنادًا إلى القوانين الأمريكية فقط، مثل قانون موارد المعادن في قاع البحار العميقة. ويهدف الأمر، كما ورد في النص، إلى «استعادة السيطرة على المعادن والموارد البحرية الحيوية».

واستندت الإدارة في عدم انتظار القانون الدولي العتيد إلى أن الولايات المتحدة لم توقّع أصلًا على اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، وبالتالي فهي ليست عضوًا في الهيئة الدولية لقاع البحار.

٢. إعلان الإدارة الأمريكية في ديسمبر ٢٠٢٤ ترسيم حدود جرفها القاري من جانب واحد، ومن دون اتفاق مع الدول المعنية، واضعة مساحة تُقدّر بنحو مليون كيلومتر مربع من قاع المحيط المتجمد الشمالي والمحيط الأطلسي والمحيط الهادئ تحت الولاية القضائية الأمريكية. وقد اعترضت روسيا والصين في مارس ٢٠٢٥ على هذا الترسيم باعتباره «مخالفًا للقانون الدولي وللقواعد والإجراءات».

ومع أن هذا الترسيم يستند إلى اتفاقية الجرف القاري لعام ١٩٥٨، فإنه يبقى موضع نزاعات قانونية محتملة؛ نظرًا لتعارضه مع اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار. ومن التطورات الجديرة بالمتابعة تصاعد الأصوات داخل أمريكا المطالبة بالانضمام إلى هذه الاتفاقية. ويُسجَّل في هذا السياق توقيع الولايات المتحدة في ٢٠ سبتمبر ٢٠٢٤ على اتفاقية أعالي البحار المنبثقة عن اتفاقية قانون البحار، وإحالتها إلى مجلس الشيوخ في ١٨ ديسمبر للتصديق.

الخلاصة

يبدو أن التعدين في أعماق البحار لا يزال محكومًا بقيود قانونية وبيئية وتجارية وجيوسياسية عميقة. فالمسألة لا تتعلق بالوفرة الجيولوجية فقط، بل بكيفية إدارتها ضمن نظام دولي يشهد تسييسًا متزايدًا للسلع الإستراتيجية. ويمكن القول: إن التعدين البحري سيبقى، في المدى المنظور، ميدانًا لصراع جيوسياسي أكثر منه نشاطًا اقتصاديًا ناضجًا، إلى أن تتوافر شروط حوكمة واستقرار لم تنضج بعد.

نشاطات وأخبار جمعية اقتصاديات الطاقة للنصف الثاني من عام ٢٠٢٦

أقامت الجمعية ندوة التحول في قطاع الطاقة، وتحمّل تكاليفها: دروس التجربة الألمانية تجاه أزمة ارتفاع أسعار النفط والغاز

قامت الجمعية السعودية لاقتصاديات الطاقة في مايو ٢٠٢٦، باستضافة كلية كابسارك للسياسات العامة، ندوة بعنوان «التحول في قطاع الطاقة، وتحمّل تكاليفها: دروس التجربة الألمانية تجاه أزمة ارتفاع أسعار النفط والغاز»، قدّمها أ.د. آرون براكتيكنيو، رئيس الجمعية الدولية لاقتصاديات الطاقة، ورئيس اقتصاديات نظم الطاقة في جامعة آخن التقنية في ألمانيا، وإدارتها الدكتورة نوف بنت ناصر الشريف، عضو مجلس إدارة الجمعية ورئيس إدارة الأبحاث في شركة جدوى للاستثمار. استعرضت الندوة تجربة ألمانيا في التعامل مع أزمات الطاقة والتحولات التي طرأت على مزيج الطاقة لديها، مع التركيز على أثر الإجراءات الطارئة والخيارات طويلة الأجل في أمن الطاقة والقدرة على تحمل تكاليفها. كما شهدت نقاشات حول تصميم الإعانات، وفقر الطاقة، وأهمية الاستثمار المبكر في القدرات المؤسسية والطاقة المتجددة لتعزيز الاستعداد للأزمات والاستجابة لها بصورة أكثر كفاءة وإنصافًا.

حصلت عضو الجمعية العمومية شوق الإسماعيل على براءة اختراع من الهيئة السعودية للملكة الفكرية رقم SA 1020241976 B1 بتاريخ ٢٠٢٦/٦/٣٠ بالتصنيف الدولي H02J 7/000 حول صفائح لرقمنة وتوجيه الطاقة الضوئية في أنظمة القراءة التقليدية.

وأفادت عضو الجمعية بأن التقنية تقوم بدمج الطاقة الضوئية بالتقنيات التفاعلية، لتحويل أنظمة القراءة التقليدية إلى وسائط قادرة على عرض محتوى بصري متحرّك وديناميكي، حيث يسهم هذا الابتكار في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، ودعم التحول نحو حلول أكثر استدامة وكفاءة. وتحول براءة الاختراع أي أداة تعليمية تقليدية إلى أداة عرض تفاعلية تعمل بالطاقة الضوئية، مدمجًا ميزات التعلم التقليدي مع مرونة المحتوى الرقمي وباستهلاك منخفض للطاقة. مبروك لها وتمنياتنا لها بالتقدم والتوفيق.

ولمزيد من التفاصيل حول براءة الاختراع، يمكن زيارة الموقع الإلكتروني للجمعية.





تستعد الجمعية السعودية لاقتصاديات الطاقة وكابسارك لاستضافة المؤتمر الرابع لاقتصاديات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

تستعد الجمعية السعودية لاقتصاديات الطاقة ومركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية «كابسارك» لاستضافة المؤتمر الرابع للجمعية الدولية لاقتصاديات الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، والذي سيُعقد في الرياض في الربع الأول من سنة ٢٠٢٧، تحت شعار "أمن الطاقة واستقرار النمو الاقتصادي في عالم متغير".

ويناقش المؤتمر أبرز قضايا الطاقة الناشئة إقليميًا ودوليًا في ظل التطورات الجيوسياسية، واضطراب أنماط التجارة، والتغيرات التقنية وتحولات الطاقة. كما يسلط الضوء على أمن الطاقة والمرونة الاقتصادية، وديناميكيات أسواق النفط والغاز، والاستثمار، والسياسات الصناعية ومرونة سلاسل الإمداد.

وترحب الجمعية بأعضائها والباحثين والمهتمين باقتصاديات الطاقة للمشاركة والحضور والاستفادة من جلسات المؤتمر ونقاشاته.

وللاطلاع على المزيد من أخبار الجمعية وفعالياتها، وتفاصيل المؤتمر والتسجيل، يمكن زيارة موقع الجمعية الإلكتروني عبر رمز الاستجابة السريعة المرفق في النشرة.

اقتصاديات الطاقة
نشرة فصلية تصدر عن جمعية اقتصاديات الطاقة.

- المشرف العام: معالي الدكتور ماجد عبدالله المنيف – رئيس مجلس إدارة الجمعية.
- نائب المشرف العام: اللجنة العلمية في الجمعية بقيادة رئيسها المهندس فؤاد الزاير.
- مسؤول التحرير: حصة الدحيم.

للتواصل مع التحرير:

pr@saudi-aee.sa
+٩٦٦١١٢٩٠٣٢٨٨
منصة إكس @TheSaudiAEE
موقع الجمعية www.saudi-aee.sa

منصة إكس الموقع الرسمي

رقم إيداع: ١٤٤٥/٢٣١٦٧
ردمد ٢٦٧٦-٢٦٢٥