

فهم ديناميات التحول إلى الطاقة المتجددة: نهج المؤشرات المحددة

فاتح يلماز

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحوثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بثتى 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 عبدالله 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 كنصيحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة، ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.

تعتبر الطاقة المتجددة عنصراً رئيساً من عناصر التحولات العالمية في مجال الطاقة. ولتحديد دينامياتها على نحو أفضل، فإن هذه الدراسة تهدف إلى بناء مؤشر مركب لقياس إمكانات تحول الدول إلى الطاقة المتجددة. حددت الدراسة استناداً إلى عقدين من البحوث الأكاديمية، 45 عاملاً من العوامل التمكينية الرئيسة للتحول إلى الطاقة المتجددة. وصنفت إلى سبعة مؤشرات فرعية، هي: العوامل الاقتصادية، والتنمية المالية، ورأس المال البشري، والحصول على الطاقة، وأمن الطاقة، والاستدامة البيئية، والبنية التحتية المؤسسية. ومن ثم قمنا بتجميع المؤشرات الفرعية في مؤشر مركب أطلقنا عليه اسم "مؤشر إمكانية التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة" ويتوفر هذا المؤشر ومؤشراته الفرعية لنحو 149 دولة ويغطي الفترة الممتدة ما بين عامي (1990 و2018).

149 دولة في الفترة الممتدة من عام 1990 إلى عام 2018.

ولقد ظهرت في العقدين الماضيين مجموعة كبيرة من المؤلفات الأكاديمية التي تبحث في العوامل التمكينية لعمليات التحول في مجال الطاقة المتجددة في الدول. وتركز هذه الدراسات على المحددات الرئيسية لنشر وإنتاج واستهلاك البنية التحتية للطاقة المتجددة. ولقد ركزت هذه الدراسات على تضمين مجموعة متنوعة من العوامل الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والمالية والبيئية والعوامل المتعلقة بالطاقة. ومع ذلك، لم تُجمع هذه الدراسات في آرائها بشأن العلاقات الناشئة بين هذه العوامل وعملية التحول إلى الطاقة المتجددة. غير أن المراجعات المنهجية الحديثة للمنشورات، مثل مراجعات Bourcet (2020), Sener, Sharp, and Anc- (2018) و Darmani et al (2014) حددت العديد من النهج المختلفة والمتنوعة. فعلى سبيل المثال، تتناول العديد من الدراسات قياس العوامل بطريقة مختلفة، وتغطي عينات مختلفة من الدول المتقدمة أو النامية، وتغطي كذلك لفترات زمنية متباينة. وربما أدت هذه النهج المختلفة إلى التوصل إلى نتائج مختلطة في المنشورات. ويهدف مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) إلى توحيد النتائج السابقة. ونستخدم للقيام بذلك، المنشورات التي يشيع استخدامها في المنشورات ونغطي مجموعة واسعة من الدول على مدى فترة زمنية طويلة.

يركز مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة تحديداً على العوامل المحددة لعملية التحول إلى الطاقة المتجددة وذلك بهدف تقديم صورة تطلعية ومستقبلية لفرص تحول الدول إلى الطاقة المتجددة. ونجد بالتركيز على هذه المسألة، أن هذا المؤشر يختلف عن المؤشرات الشائعة في المنشورات، بما فيها مؤشر التحول في مجال الطاقة الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي (Singh et al., 2019)، ومؤشر "تريلا" الصادر عن مجلس الطاقة العالمي. بينما يركز هذان المؤشران على الأداء الواسع

يعد تحويل أنظمة الطاقة العالمية إلى بدائل مستدامة (أي خفض الانبعاثات إلى مستوى الصفر) هدف أساسي مدرج في جداول أعمال سياسات العديد من الدول. ويتضمن التحول العالمي في مجال الطاقة أنشطة تخفيف مختلفة تتسم جميعها بالأهمية والفائدة في سياقات الدول المختلفة. فعلى سبيل المثال، قد تلجأ الدول إلى زيادة استخدام طاقتها المتجددة أو تعزيز كفاءة استخدامها للطاقة أو تبديل الوقود.¹ كما أنها قد تلجأ إلى نشر البدائل النووية، أو اعتماد تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. إلا أن الطاقة المتجددة حظيت من بين كل هذه الخيارات المختلفة، بأكبر قدر من الاهتمام على الصعيد العالمي. ونلاحظ بحسب بيانات حديثة، أن الحصة العالمية للطاقة المتجددة المستخدمة في توليد الطاقة قد ازدادت من أقل من 1% في عام 1990، إلى 7.5% في عام 2018.² وبالإضافة إلى هذه الزيادة المقدره بثمانية أضعاف، تم فعليا تنفيذ العديد من المبادرات والمشاريع الطموحة في مجال الطاقة المتجددة في كافة أنحاء العالم. و من المفترض أن تؤدي هذه الجهود إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في المستقبل القريب.

وعلى الرغم من الأهمية العالمية التي تتسم بها الطاقة المتجددة وتطبيقها على نطاق واسع، إلا أن الأدوات اللازمة لتقييم إمكانات الطاقة المتجددة في الدول غير متوفرة. غير أن فهم إمكانات التي تتمتع بها الدول في مجال الطاقة المتجددة يمكن أن يكون خيرا معين لصانعي السياسات لتحسين تحديد فرصهم في مجال الطاقة المتجددة بنحو أفضل. قمنا من أجل سد هذه الفجوة الهامة، ببناء مؤشر مركب "مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة". ويجمع هذا المؤشر 45 من العوامل التمكينية الرئيسية مدرجة في سبع فئات تصنيف، تم اختيارها بناء على عقدين من البحوث الأكاديمية في مؤشر مركب. تتمثل هذه الفئات السبع في العوامل الاقتصادية، والتنمية المالية، ورأس المال البشري، والحصول على الطاقة، وأمن الطاقة، والاستدامة البيئية، والبنية التحتية المؤسسية. كما يغطي المؤشر

إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة لجميع قدر كبير من البيانات ومراجعة شاملة للمنشورات على مدى العقدين الماضيين. وبالتالي، فإننا نقدم للباحثين مراجعة واسعة للمنشورات ومصدرا شاملا للبيانات.

نورد في القسم التالي مراجعة مفصلة للمنشورات التي تسهم في طرح موضوع للدراسة. ويناقد القسم الثالث من هذه الدراسة البيانات الوفيرة واختيارنا للمتغير وإستراتيجية التضمين المطبقة على الملاحظات الناقصة. فيما يشرح القسم الرابع المنهجية وعملية بناء مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة. ويناقد القسم الخامس الخصائص الأساسية للمؤشر وعلاقته مع بدائل أداء التحول إلى الطاقة المتجددة. ويختتم القسم السادس هذه الدراسة ببعض الاستنتاجات.

لتحولات الطاقة في الدول، يركز مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة على الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، يراعي المؤشران الآخزان محددات تحولات الطاقة ونماذجها (مثل، حصة الطاقة المتجددة في توليد الطاقة). وعلى العكس من ذلك، يقتصر تركيز مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة على محددات هذه العملية، وبالتالي فإنه يقيس إمكانات الدول بدلا من أدائها الحالي. كما تختلف منهجية التجميع الخاصة بمؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة اختلافا كبيرا عن هذين المؤشرين. وفي حين يعتمد المؤشران على معاملات التجميع المتساوية أو المقدر مسبقا للعوامل الكلية، يستخدم مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة تحليل المكونات الرئيسية لتحديد أوزان التجميع. وقد تختلف هذه النهج في نقاط قوتها وضعفها.³ ومع ذلك، يستخدم مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة معايير أكثر موضوعية في عملية تجميعها، حيث نجد أن الأوزان تستند على العلاقات بين المتغيرات، وبالتالي فإنها تعتمد على البيانات. علاوة على ذلك، يقدم مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة تغطية أكثر شمولاً، لتشمل جميع الدول التي يتجاوز عدد سكانها المليون نسمة وتمتد للعقود الثلاثة الماضية.

كذلك قد يكون مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة أداة مفيدة لكل من صانعي السياسات والباحثين، إذ أنه يلخص إمكانات تحول الدول إلى الطاقة المتجددة في مؤشر مركب. وبالتالي، يمكن لصانعي السياسات تقييم إمكانات التحول في بلدانهم مقارنة بأدائهم الحالي وأداء أقرانهم. علاوة على ذلك، تقدم المؤشرات الفرعية لمؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة لمحة عامة عن العوامل الأساسية التي تؤثر على أداء الدول في عملية التحول إلى الطاقة المتجددة. ويمكن لصانعي السياسات باستخدام مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة إجراء تحليلات للسياسات المختلفة بهدف استكشاف الآثار المحتملة للسياسات المختلفة على الفرص التي تتيحها دولهم للتحول إلى الطاقة المتجددة. فضلا عن ذلك، تتضمن عملية بناء مؤشر

2 مراجعة المنشورات

غالباً ما تستخدم الدراسات الناتج المحلي الإجمالي لقياس حجم الاقتصادات (مثل Huang et al. [2007]; Zeb et al. [2014]). ولقد توصلت هذه الدراسات إلى أن الناتج المحلي الإجمالي يرتبط ارتباطاً إيجابياً باستخدام الطاقة المتجددة ونشرها في الدول النامية. ومع ذلك، تعتبر هذه العلاقة سلبية بالنسبة للاقتصادات المتقدمة (مثل Marques and Fuinhas [2011a]; Marques and Fuinhas [2011b]; Marques, Fuinhas, and Manso Baldwin et al. [2010]). كما يستخدم حجم السكان (Bayulgen and Ladewing 2017) والأراضي (Lin and Omoju 2017) وتكوين رأس المال الإجمالي في المنشورات لقياس حجم الدولة الذي تبين أنه يرتبط ارتباطاً إيجابياً بعملية التحول إلى الطاقة المتجددة.

يرتبط نمو هذه المتغيرات (مثل الناتج المحلي الإجمالي والسكان والأسهم الرأسمالية الثابتة) ارتباطاً إيجابياً بالزيادات في الطلب على الطاقة، واستخدام الطاقة المتجددة. غير أنه عندما يزداد الطلب على الطاقة بصورة كبيرة، فقد لا تكون مصادر الطاقة المتجددة كافية، مما يمكن أن يزيد من استخدام الموارد التقليدية. ولقد توصلت الدراسات إلى قدرة الطاقة المتجددة على معالجة الزيادة في معدلات الاحتياج إلى الطاقة بسبب ارتفاع الطلب على النمو الاقتصادي والسكاني والطلب على الكهرباء (مثل Baldwin et al. [2017]; Carley et al. [2020]; Przychodzen and Przychodzen [2017]). وبالتالي، قد ترتبط مثل هذه الأنواع من النمو ارتباطاً إيجابياً بزيادة استخدام الطاقة المتجددة. ومع ذلك، كشف Anton and Afloarei Nucu (2020) عن وجود علاقة سلبية بين نمو الناتج المحلي الإجمالي وحصص الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة. بينما خلص Aguirre (2014) and Ibikunle إلى أن النمو السكاني ليس له أي تأثير ذي دلالة إحصائية على حصص الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة. وعموماً فإن آثار النمو الاقتصادي والسكاني وأسهم رأس المال على استخدام الطاقة المتجددة تعد متباينة. وتعتبر هذه العلاقات علاقات إيجابية بشكل عام إلا أنها قد تصبح سلبية في حال كان النمو مفرطاً (Bourcet 2020).

يبدأ هذا القسم بمراجعة واسعة للمنشورات المتعلقة بالمحددات الرئيسية للتحول إلى مصادر الطاقة المتجددة التي نستخدمها في بناء مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة، ومن ثم نناقش المؤشرات المماثلة الموجودة في المنشورات.

محددات التحول إلى الطاقة المتجددة

توضح المنشورات الحديثة المتعلقة بالعوامل المحركة لعملية التحول إلى الطاقة المتجددة أدوار العديد من الجوانب الاقتصادية والبيئية والسياسية والتنظيمية وتلك المرتبطة بأمن الطاقة. وأسوة بما قامت به أحدث المراجعات المنهجية للمنشورات (مثل Bourcet [2020]; Darmani et al. [2014]; Sener, Sharp, and Anctil [2018]) من تصنيف للعوامل الرئيسية المساهمة في عملية التحول إلى الطاقة المتجددة، فقد قمنا بتصنيف هذه العوامل الرئيسية إلى العوامل الاقتصادية والتنموية المالية ورأس المال البشري والحصول على الطاقة وأمن الطاقة والاستدامة البيئية والبنية التحتية المؤسسية. ونقوم في الأقسام الفرعية التالية بإيراد وصف لكل فئة تصنيفية ومراجعة المنشورات ذات الصلة.

العوامل الاقتصادية

تحدد العوامل الاقتصادية بوجه عام طلب الدول الحالي والمستقبلي على الطاقة وقدراتها على نشر البنية التحتية المادية، وتركز المنشورات على طائفة واسعة من المتغيرات التي تمثل دور العوامل الاقتصادية في تفسير عملية التحول إلى الطاقة المتجددة. ولقد صنفنا هذه المتغيرات إلى ثلاث مجموعات فرعية، هي: حجم الدولة ومستوى نموها ومستوى تنميتها. والعوامل الاقتصادية ترتبط من الناحية النظرية وبصفة عامة بعملية التحول إلى الطاقة المتجددة ارتباطاً إيجابياً، إلا أن هناك أدلة عملية على الارتباط السلبي لها. وتنشأ هذه النتائج المتناقضة نظراً لإمكانية تلبية زيادة الطلب على الطاقة من خلال توفير المزيد من الطاقة المتجددة أو الوقود الأحفوري التقليدي (Bourcet 2020).

من القطاع الخاص في جانب التمويل حتى تتم تلبية المتطلبات.

تولي الدراسات الحديثة اهتماما كبيرا بالروابط القائمة ما بين الإنماء المالي (أي الحصول على التمويل الخاص) ونشر أو استهلاك الطاقة المتجددة. فعلى سبيل المثال، توصلت العديد من الدراسات الحديثة إلى وجود علاقة إيجابية قوية بين الإنماء المالي والاستثمار في الطاقة المتجددة واستهلاكها (مثل Anton and Afloarei Nucu [2020]; Best [2017]; Brunnschweiler [2010]; Lin and Omoju [2017]; Sadorsky [2010]). وتشدد المنشورات على أهمية قنوات التمويل الخاصة لتمويل مشاريع البنية التحتية للطاقة المتجددة كثيفة رأس المال، وتشمل هذه القنوات الائتمان الخاص والحصول على الائتمان الدولي والوصول إلى أسواق الدين والتجارة الدولية وأسواق الأوراق المالية.

وبالإضافة إلى هذا الرابط المباشر، يمكن أن يؤدي توافر التمويل إلى تمكين التحول إلى الطاقة المتجددة من خلال القنوات غير المباشرة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يسهم تمويل مشاريع الطاقة المتجددة الصغيرة في المناطق الريفية- حيث تكون البنية التحتية للشبكة محدودة أو غير متوفرة - في تحسين فرص الحصول على الطاقة بصورة كبيرة. ويمكن لمثل هذه المشاريع وفقا لهذه الطريقة، أن تعجل بعملية التحول إلى الطاقة المتجددة (مثل Ahlborg and Hammar [2008]; Haanyika [2014]). وبالمثل، يمكن لمشاريع كفاءة الطاقة، مثل التعديل التحديثي للمباني القديمة (مثل Climate Transparency [2019]; Yilmaz et al. [2020]) أن تحفز عملية التحول إلى الطاقة المتجددة عن طريق تقليل نفايات موارد الطاقة .

رأس المال البشري

يعد رأس المال البشري مفهوماً واسعاً يشمل بوجه عام جودة التعليم وصحة السكان وعلم السكان (الديموغرافيا).⁶ ويستخدم هذا المفهوم لقياس حجم

وتكمن إحدى النتائج الثابتة في المنشورات في ارتباط التنمية الاقتصادية ارتباطاً إيجابياً بعملية التحول إلى الطاقة المتجددة، وتجدر الإشارة إلى أن الدول الأكثر تقدماً ذات الدخل المرتفع والبنية التحتية المادية الأفضل تميل إلى استخدام الطاقة المتجددة بصورة أكبر. كما تستخدم العديد من الدراسات على وجه الخصوص نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي باعتباره مقياساً أساسياً للدخل والتنمية، ولقد توصلت هذه الدراسات إلى أن هذا العامل يرتبط ارتباطاً إيجابياً بالحصة الكبيرة للطاقة المتجددة في مزيج الطاقة (مثل Aguirre and Ibikunle [2014]; Bayulgen and Ladewing [2017]; Carley et al. [2017]; Sadorsky [2009b]).⁴

بالإضافة إلى ذلك، تشمل عناصر تطوير البنية التحتية اشتراكات خط الهاتف الثابت، واستخدام الهواتف المتنقلة والوصول إلى الإنترنت. وتستخدم هذه المؤشرات استخداماً واسعاً في المنشورات المتعلقة باقتصاديات التنمية (مثل Aker and Mbiti [2010]). وترتبط ارتباطاً مباشراً وإيجابياً بنشر واستخدام الطاقة المتجددة (في الدول النامية غالباً (Glemarec 2012)). وعموماً، يعتبر مفهوم التنمية مفهوماً واسعاً يشمل العديد من العوامل الأخرى مثل توفر التمويل الخاص ورأس المال البشري والأطر التنظيمية. ونقوم بوصف هذه العوامل بشيء من التفصيل في الأقسام الفرعية التالية.

الإنماء المالي

سيتطلب تحقيق هدف خفض درجة الحرارة العالمية بمقدار درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون. وللقيام بذلك، فإن هناك حاجة لتربليونات الدولارات المستثمرة لاستبدال البنية التحتية الحالية للطاقة ونشر البنية التحتية الجديدة للطاقة المتجددة.⁵ ويشار إلى أن مثل هذه الاستثمارات الرأسمالية واسعة النطاق تتجاوز قدرات الموارد العامة. وقد توفر الموارد المحلية بعضاً من التمويل، إلا أن هناك حاجة كذلك إلى مشاركة كبيرة

إنتاجية العمالة في دولة ما، وقد يتفاعل رأس المال البشري مع عملية التحول إلى الطاقة المتجددة من خلال روابط مختلفة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤثر رأس المال البشري على الإنتاجية واستخدام التقنية وتوفير الدعم السياسي لعملية التحول إلى الطاقة المتجددة، وأن يؤثر بصورة أعم على الطلب على الطاقة. ويشار إلى أن الدراسات تبحث في العلاقات بين الجوانب المختلفة لرأس المال البشري والتحول إلى الطاقة المتجددة بهدف استكشاف هذه الروابط.

وتركز العديد من الدراسات على العلاقة بين الجانب التعليمي من رأس المال البشري والتنمية في مجال الطاقة المتجددة (مثل Apergis and Eleftheriou [2015]; Pfeiffer and Mulder [2013]; Zhao, Tang, and Wang [2013]). وتقدم أدلة تجريبية على ارتباط التعليم العالي ارتباطاً إيجابياً بسرعة التكيف مع تقنيات الطاقة المتجددة. فضلاً عن ذلك، تبحث بعض الدراسات في العلاقات بين التركيبة السكانية (أي النسبة المئوية للنساء في دولة ما، وتوزيع الأعمار ومعدلات المواليد) والتحول إلى الطاقة المتجددة. كما يظهر (Romano et al. 2017) أن زيادة النساء باعتبارهن نسبة مئوية من السكان تشجع على زيادة الاستثمار في مجال الطاقة المتجددة. كما يؤكد (Vainio et al. 2019) أهمية القيادة النسائية في تسريع عملية التحول في الطاقة. ولشرح النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسات، فإنها ترى أنه عادة ما تكون للنساء تفضيلات أقوى للجودة البيئية، وبالتالي فإنهن أكثر دعماً وتأييداً للطاقة المتجددة وما يتصل بها من سياسات.

كذلك يؤثر كل من النمو السكاني والتغيرات في التكوين السكاني (أي التقدم بالعمر على سبيل المثال) على القرارات المتصلة بالسياسات. كما أنه يمكن لهذه التغيرات التأثير على مساهمة السياسات في مواجهة تغير المناخ (مثل Harper [2013]) والطلب على الطاقة في بلد ما (مثل Estiri and Zagheni [2019]). ونجد أيضاً أن رفاهية الناس تتفاعل مع عملية التحول إلى الطاقة المتجددة من خلال روابط مختلفة، مثل الإنتاجية

والمخاوف المتعلقة بالصحة العامة نتيجة التلوث البيئي. وعموماً، تزداد الإنتاجية والتطور التقني بصفة عامة بالتزامن مع تحسين الصحة العامة مما يدعم النمو الاقتصادي (مثل Arora [2002]). وبالتالي، يرتبط مثل هذا التطور بالتحول إلى الطاقة المتجددة (مثل Ackah and Kizys [2015]). علاوة على ذلك، يؤدي التلوث البيئي وما ينتج عنه من تغير في الظروف المناخية إلى مخاوف صحية (مثل WHO [2018]; IEA [2016]). وقد تحفز مثل هذه المخاوف تحولا في جداول أعمال السياسات نحو استخدام الطاقة المتجددة (مثل Caruso, Colantonio, and Gattone [2020]).

الحصول على الطاقة

يعتبر الحصول على الطاقة مسألة بالغة الأهمية في العديد من الدول النامية، لا سيما في الدول الأقل نمواً. وبالتالي، فإن العديد من المؤسسات الدولية والدراسات الأكاديمية تعمل على تنظيم ورصد هذه العملية (مثل Bhatia and Angelou [2014]; ESMAP [2014]; IEA [2020]; Seuret-Jimenez, Robles-Bonilla, and Cedano [2020]; Yadava and Sinha [2019]). ونركز هنا وعلى وجه التحديد على علاقة الحصول على الطاقة مع عملية التحول إلى الطاقة المتجددة. إذ تزيد المسافات الطويلة بين الأسر المشتتة في المناطق التي يغلب عليها الطابع الريفي من تكلفة البنية التحتية للنقل، مما يعيق الجهود المبذولة الرامية إلى بناء شبكات الكهرباء الشاملة. وفي المقابل، تتيح تقنيات الطاقة المتجددة بدائل واعدة، مثل البدائل اللامركزية للشبكات الصغيرة، وتوليد الطاقة المستقلة (مثل IRE- [2012]; Glemarec [2012]; Murphy [2001]; NA [2016]). فعلى سبيل المثال، يستكشف كل من (Ahlborg and Hammar [2014]) الدوافع والعوائق التي تعترض الكهرباء في كل من تنزانيا وموزمبيق من خلال إجراء مقابلات مع الجهات الفاعلة في قطاع الطاقة، وإبداء الملاحظات ذات الصلة. وتوصل هؤلاء الباحثون إلى أن تحسين وصول الأسر إلى الشبكة في معظم المناطق الريفية يعد أمراً غير ممكن بوجه عام بسبب ارتفاع التكاليف. ويبدو أن التمديدات خارج

هذه العواقب السلبية، بما فيها وضع اللاتزامات الرسمية من خلال اعتماد بروتوكول كيوتو في عام 1997 واتفاقية باريس في عام 2015. وتجدر الإشارة إلى أنه يتعين على الدول التي صادقت على هذه اللاتزامات خفض انبعاثاتها من الغازات الدفيئة بصورة كبيرة. وبغض النظر عن المخاوف البيئية واللاتزامات الدولية، فإن العلاقة القائمة ما بين الاستدامة البيئية وعمليات التحول إلى الطاقة المتجددة تعتبر غير حاسمة في المنشورات. ومن المفترض أن يكون الارتباط بينها إيجابيا حيث يتوجب على الدول التي لديها مخاوف بيئية كبيرة، مثل ارتفاع معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة، أن تستخدم تقنيات أنظف بنحو أكثر استباقية (Aguirre and Ibikunle 2009a; Sadorsky 2014). غير أن بعض الدراسات خلصت إلى أن ارتفاع مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون قد يثبط استخدام الطاقة المتجددة (Marques and Fuinhas 2011a; Marques, Fuinhas, and Manso 2010). ويكمن أحد الأسباب المنطقية لهذه النتيجة في أن مستويات ثاني أكسيد الكربون الحالية قد لا تكون مرتفعة بما يكفي (أو لا ينظر إليها على أنها مرتفعة بما يكفي) لتحفيز التحول الكبير إلى الطاقة المتجددة. وقد تلعب التأثيرات السياسية للمجموعات ذات الاهتمامات المختلفة، مثل القطاعات التقليدية كثيفة الكربون (مثل صناعة المعادن) دورا كبيرا في هذه التصورات.

البنية التحتية المؤسسية

بحسب ما تمت مناقشته سابقا، يتطلب تحويل نظام الطاقة الحالي إلى استثمارات رأسمالية غير مسبقة بالإضافة إلى تحول رئيسي في السياسات الحكومية، ومن الضروري كذلك المشاركة الكبيرة لمستثمري القطاع الخاص في هذه العملية. فضلا عن ذلك، تتسم الجودة المؤسسية القوية بأهمية حاسمة في تحرير الموارد الخاصة، خصوصا لمشاريع الاستثمار الرأسمالي طويل الأجل، مثل نشر الطاقة المتجددة وتوجيه السياسات وفقا لذلك. كما تستغرق مشاريع الطاقة المتجددة وقتا طويلا لتكتمل بخلاف استثمارات القطاع

الشبكة في صورة تقنيات الطاقة المتجددة هي الحل الوحيد القابل للتطبيق على المدى الطويل. وعموما، فإن الفرص المتاحة لتحسين فرص الحصول على الطاقة من خلال نشر الحصول على الطاقة المتجددة قد تحفز الحكومات على التركيز بدرجة أكبر على تسريع وتيرة تحولتها إلى الطاقة المتجددة (Sokona, Mulugetta, and Gujba 2012).

أمن الطاقة

إن موارد النفط والغاز تتركز في أجزاء معينة من العالم، فنجد أن العديد من الدول تعتمد على الواردات من المناطق الغنية بالموارد. ويؤدي الاعتماد على الوقود الأحفوري إلى خلق اعتمادات كبيرة للعديد من الدول، مما يؤدي إلى مخاوف أساسية تتعلق بأمن الطاقة. ويعتبر تقليل الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري والوصول إلى مرحلة الاكتفاء الذاتي حافزا هاما للعديد من الدول المعتمدة على الطاقة لنشر المزيد من الطاقة المتجددة (Marques and Fuinhas 2012). وفي المقابل، قد تكون للدول المصدرة للوقود حافزا معاكسا، حيث يمكن لانخفاض تكاليف الوقود أن يساعد على تقليل المخاوف العالمية بشأن أمن الطاقة، وقد تمارس الشركات الحكومية في هذه الدول ضغوطا على الحكومات وتتلعب بأسعار النفط للحد من المخاوف المتعلقة بأمن الطاقة. وقد تبين عموما بأن ما يعرف بتأثير الضغط يؤثر سلبا على استخدام الطاقة المتجددة (Pfeiffer and Mulder 2013). ومع ذلك، يبدو أن المخاوف المتعلقة بأمن الطاقة تعد عامل تحفيز بالغ الأهمية لاستخدام الطاقة المتجددة، وبالتالي فإنه يرتبط ارتباطا إيجابيا بديناميات التحول إلى الطاقة المتجددة.

الاستدامة البيئية

تعد العواقب البيئية لنظام الطاقة الحالي وخيمة (مثل ارتفاع درجات حرارة الهواء، والكوارث الطبيعية، وانبعاثات الغازات الدفيئة). ولقد اتخذت العديد من الدول إجراءات صارمة في مجال السياسات من أجل التخفيف من حدة

الجدير بالذكر هنا، أن تركيز المنشورات في الآونة الأخيرة قد شهد تحولا نحو تحديد الأداء العام لتحويلات الطاقة في الدول، حيث حظي كل من المؤشرين (WEFETI Singh et al. 2019) و (WECTI World Energy Council 2020) بأكبر قدر من الاهتمام. ونتج المؤشر الأول عن مؤشر "أداء هندسة الطاقة العالمية"، فيما نتج الأخير عن مؤشر "استدامة الطاقة". وعلى الرغم من وجود سمات مشتركة فيما بينهما إلا أن مؤشر (RETPI) يختلف عن هذين المؤشرين بعدة طرق هامة (الجدول 1). أولا، يركز مؤشر (RETPI) على عمليات التحول إلى الطاقة المتجددة، بينما يركز المؤشران الآخريان على الأداء العام لعملية التحول في الدول. كما يسمح هذا النهج لمؤشر (RETPI) بالاستناد إلى عقدين من المنشورات والمؤلفات الأكاديمية لتحديد المحددات الهامة، وتصنيفها إلى مؤشرات فرعية بنحو أفضل.

ثانيا، يقتصر تركيز مؤشر (RETPI) على محددات التحول إلى الطاقة المتجددة، مما يوفر مؤشرا استشرافيا لمكانات التحول في الدول. وفي المقابل، لا يميز المؤشران الآخريان بنحو واضح ما بين المحددات والعوامل التمكينية للتحويلات الإجمالية للطاقة، وما لها من نتائج. كما أن محددات التحويلات الإجمالية للطاقة تتمثل في عوامل تحرك عملية التحول سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة (مثل العوامل الاقتصادية والإينماء المالي وأمن الطاقة). أما النتائج فتتمثل في نتائج عملية التحول (مثل زيادة استخدام الطاقة المتجددة وتحقيق هدف الحياد الصفرى). وعلى الرغم من أن المؤشرين الآخريين يغطيان العديد من العوامل الأساسية، إلا أنهما يخلطان ما بين المحددات والعوامل التمكينية. ومن غير الواضح ما إذا كان الخلط بين الاثنين يوضح وضع الدولة أو الإمكانيات المستقبلية.

الخاص، مثل استثمارات المحافظ وغيرها من الاستثمارات الأجنبية المباشرة لكيانات القطاع الخاص. وعادة ما يتم جمع عوائد الاستثمار المتأتية من هذه المشاريع عن طريق توفير الطاقة للشبكة و للمستهلكين النهائيين لعدة سنوات. وتستخدم العديد من الأنظمة وآليات التحفيز (مثل الإعانات المالية وتعريفية التغذية) لتمكين هذه العوائد⁷. وبالتالي، يحتاج المستثمرون إلى التأكد من أن عقودهم تحظى باحترام المؤسسات القوية حتى لو تغيرت الحكومات أو الأحزاب الحاكمة. وتماشيا مع هذه التوقعات العامة، فإن الدراسات توصلت على وجود علاقة إيجابية بين الجودة المؤسسية ومشاركة القطاع الخاص في المشاريع طويلة الأجل، مثل مشاريع الطاقة المتجددة (مثل Bayulgen and Ladewig [2017]; Brunnschwei- [2015]; Wu and Broadstock [2015]; [Iler 2010]). أو بعبارة أخرى، تجذب الدول ذات البنية التحتية المؤسسية القوية المزيد من الاستثمارات الرأسمالية للقطاع الخاص نحو مشاريع الطاقة المتجددة، مما يسرع من وتيرة عمليات التحول إلى الطاقة المتجددة.

مؤشرات التحول البديلة

تركز معظم المؤشرات التي تم تطويرها في الدراسات السابقة على جانب محدد من جوانب عمليات التحول في الطاقة، مثل استدامة الطاقة أو أمن الطاقة أو الاستدامة البيئية. وعلى الرغم من أن هذه المؤشرات تقدم رؤى قيمة حول مجالات التركيز، إلا أنها لا توفر فهما شاملا لعمليات التحول إلى الطاقة المتجددة. إذ أن هذا التحول عبارة عن عملية متعددة العوامل وبالغة التعقيد وطويلة الأجل ومعظم محدداتها مترابطة للغاية. فعلى سبيل المثال، ترتبط العوامل الاقتصادية والتمويل، والحصول على الطاقة والتنمية الاقتصادية، والاستدامة البيئية والبنية التحتية المؤسسية ارتباطا واضحا. لذلك، فإن التركيز على جوانب معينة يتيح لنا تجاهل الصورة العامة. كما يناقش الباحثون (Narula and Reddy 2015) بالتفصيل أوجه القصور والاختلاف لمؤشرات الطاقة المستخدمة على نطاق واسع وبتركيز محدد.

الجدول 1. مقارنة مؤشر RETPI بمؤشرات التحول الرئيسية.

الخصائص	RETPI	WEFETI	WECTI
التركيز المفاهيمي	التحول إلى الطاقة المتجددة	التحول إلى الطاقة بصورة عامة	التحول إلى الطاقة بصورة عامة
اختيار المؤشر	يستخدم العوامل المحددة فقط	مختلط (العوامل المحددة والنتائج)	مختلط (العوامل المحددة والنتائج)
منهجية الترجيح والتجميع	تحليل العنصر الرئيسي	أوزان متساوية	أوزان محددة مسبقا
نطاق تغطية المؤشر	العوامل الاقتصادية (الحجم والنمو والتطور) والتنمية المالية ورأس المال البشري (علم السكان والتعليم والصحة) والحصول على الطاقة وأمن الطاقة والاستدامة البيئية والبنية التحتية المؤسسية	التطور الاقتصادي والنمو والاستدامة البيئية وأمن الطاقة والحصول عليها ورأس المال والاستثمار والأنظمة والالتزامات السياسية والمؤسسات والحكومة والبنية التحتية وبيئة الأعمال المبتكرة ورأس المال البشري وهيكل نظام الطاقة	بيئة الاقتصاد الكلي والحوكمة واستقرار الاستثمار والابتكار وأمن الطاقة وتساوي فرص الحصول على الطاقة والاستدامة البيئية
نطاق تغطية الدول	149	127	128
النطاق الزمني	2018 - 1990	2018 - 2017	2018 - 2000

يشير WEFETI إلى مؤشر التحول في مجال الطاقة الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي ويشير WECTI إلى مؤشر "تريلما" الصادر عن مجلس الطاقة العالمي. ويعني مختلط استخدام المؤشر لكل من متغيرات التحديد والنتائج.

ومن الجدير بالذكر أن هناك مفاضلة بين أهداف مؤشرات التغطية الزمنية، وتغطية الدول وتغطية المؤشر. ونجد أن العديد من المتغيرات المعاصرة، مثل بيئة الأعمال والابتكار والتكيف التقني والسياسات القائمة على التحول، نجدها ذات توافر محدود بصفة عامة. فهي تغطي السنوات الأخيرة فقط ومجموعة محددة من الدول. أما بالتركيز على السنوات التي تلت عام 2017، فنجد أن مؤشر (WEFETI) يغطي مزيدا من المقاييس المعاصرة التي لم تكن متوفرة لمعظم الدول قبل عام 2000. وفي المقابل، يستخدم مؤشر (WECTI) متغيرات أكثر عمومية تمتاز بتوافرها لمزيد من الدول على مدى فترة زمنية أطول (2000 - 2018). وتتمثل إستراتيجيتنا في زيادة تغطية الدول والتغطية الزمنية بهدف الاستفادة من تجارب التحول في جميع الدول. وتعمل هذه الإستراتيجية على مزج مجموعة كبيرة من تجارب التحول في الدول ذات المناطق وفئات الدخل المختلفة.

علوة على ذلك، تختلف المؤشرات عن بعضها البعض من حيث منهجياتها. إذ يرجح مؤشر (WEFETI) العوامل بالتساوي، ويستخدم مؤشر (WECTI) الأوزان المحددة مسبقا لكل عامل أو مجموعة عوامل. ويدعي المؤشر الأول أن السبب الرئيسي لعدم استخدام المزيد من الأوزان التقنية (مثل تحليل العنصر الرئيسي أو أوزان التجميع) يتمثل في عدم وجود دليل تجريبي على تفوقها (Singh et al. 2019, 3). فيما يختار المؤشر الأخير الأوزان لتحقيق التوازن بين المتانة العلمية والشفافية (World Energy Council 2020, 64). وقد يكون لكلا النهجين مزايا عملية. ومع ذلك، فإنه من غير الواضح ما إذا كان كل عامل يحظى بنفس القدر من الأهمية، أو إذا كانت أهميتها قابلة للتقييم بناء على رأي الخبراء لتحقيق تحول ناجح. وتعتبر هذه الأسئلة حاسمة، لا سيما بالنسبة لعملية صنع السياسات. ويتبع مؤشر (RETPI) معايير أكثر موضوعية (أي تحليل العنصر الرئيسي) في نهج الترجيح.

المؤسسات الدولية مثل: البنك الدولي أو المصادر الأكاديمية مثل معهد بوتسدام لأبحاث تأثير تغير المناخ

- زيادة البيانات: نستخدم المتغيرات المتوفرة لأكثر عدد من الدول ولأطول فترة زمنية ممكنة.

إسناد البيانات (التضمين)

بالنسبة إلى إستراتيجية إسناد البيانات، فإننا ننشئ أولاً سلسلة موثوقة للنواتج المحلي الإجمالي، ونستخدم سلسلة الناتج المحلي الإجمالي لمؤشرات التنمية العالمية الصادرة عن البنك الدولي بالقيمة الحالية للدولار الأمريكي بوصفها خط أساس. إلا أن هذه السلسلة تتضمن ملاحظات مفقودة، ونعمل على تضمين هذه الملاحظات باستخدام معدلات النمو التي تم الحصول عليها من البيانات الفعلية للناتج المحلي الإجمالي الصادرة عن "معهد بوتسدام لأبحاث تأثير تغير المناخ"⁹. ونقوم بحساب نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي المستخدم في تضمين المتغيرات الأخرى باستخدام السلسلة المضمنة للناتج المحلي الإجمالي والسلسلة السكانية الموزونة بالكامل¹⁰

كذلك ننوه على أن منهجية الإسناد هذه تتبع تحديدا إجراء قياسياً مكوناً من ثلاث خطوات، كما يلي

الخطوة الأولى: تضمين الفجوات بين السنتين من خلال حساب متوسط قيم هاتين السنتين.

الخطوة الثانية: استخدام متوسط معدل نمو المتغير لمدة ثلاث سنوات بهدف تضمين الملاحظات المفقودة في السنوات اللاحقة.

الخطوة الثالثة: إن استمر وجود الفجوات، فسنقوم بعمليات الانحدار التالية:

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 gdp.pc_{it} + trend_t + trend_t^2 + f_i + e_{it},$$

$$y_{it} = \alpha_0 + \sum_1^j \beta_j incomegroup_i + \sum_1^h \beta_h region_i + trend_t + trend_t^2 + u_{it},$$

تستخدم هذه الدراسة العديد من مجموعات البيانات، ولقد حصلنا على بيانات توليد الكهرباء والطاقة من مؤسسة إندراتا (Enerdata)، كما حصلنا على المؤشرات على مستوى الدول من مؤشرات التنمية العالمية الصادرة عن البنك الدولي (WDI) ومؤشرات الحوكمة العالمية (WGI). واخترنا المتغيرات لزيادة تغطية الدول والفترات الزمنية مع الحرص على مواءمتها مع نتائج المنشورات ذات الصلة حول المحددات الرئيسية لعمليات التحول إلى الطاقة المتجددة.

كما قمنا بإنشاء مجموعة بيانات وفيرة تمتد للفترة ما بين عام 1990 و عام 2018، وتغطي أكبر عدد ممكن من الدول. إلا أننا استثنينا الدول التي يبلغ متوسط عدد سكانها أقل من مليون نسمة. وتجدر الإشارة إلى أن هذا المعيار يستثني الدول الجزرية الصغيرة التي لديها فجوات بيانات كبيرة في كثير من الأحيان. علاوة على ذلك، قمنا بتضمين بعض فجوات البيانات الصغيرة، وتحديدًا في السنوات الأولى، وذلك باتباع الأساليب الإحصائية القياسية. كما وصفنا في الأقسام الفرعية التالية إستراتيجية اختيار المتغيرات وناقشنا منهجية التضمين.

اختيار المتغيرات

اخترنا المتغيرات المدرجة في سبع تصنيفات رئيسية: العوامل الاقتصادية، والإينماء المالي، ورأس المال البشري، والحصول على الطاقة، وأمن الطاقة، والاستدامة البيئية، والبنية التحتية المؤسسية. وقد استخدمنا المتغيرات المستخدمة على نطاق واسع في المنشورات بهدف تحديد المحددات الرئيسية لعملية التحول إلى الطاقة المتجددة في كل فئة تصنيف منها، يوضح الجدول الثاني قائمة كاملة بالمتغيرات وإدراجها في سبعة تصنيفات، وتلتزم إستراتيجية اختيار المتغير بثلاث مبادئ رئيسية، كما يلي:

- اتجاه العامل المحدد: نستخدم المتغيرات التي يمكننا أن تكون أفضل محددات بديلة لعملية التحول إلى الطاقة المتجددة بناء على النتائج الواردة في المنشورات.

- الشفافية والجودة: نستخدم بيانات موثوقة توفرها

الجدول 2. وصف مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) والمتغيرات.

	Sub-index	Abbreviation	Description	
Energy Transition Determinant Index (ETDI)	Economic Factors Sub-index (EFI)	Size Potential Sub-index (SPI)	<i>gdp</i>	GDP
			<i>pop.</i>	Population
			<i>cap.form</i>	Gross capital formation (constant 2010 US\$)
			<i>land</i>	Land size
		Growth Performance Sub-index (GPI)	<i>gdp.gr</i>	GDP growth
			<i>pop.gr</i>	Population growth
			<i>cap.form.gr</i>	Capital formation growth
		Development Level Sub-index (DLI)	<i>gdp.pc</i>	GDP per capita
			<i>fixed.tel</i>	Fixed telephone subscriptions (per 100 people)
			<i>internet</i>	Individuals using the internet (% of population)
			<i>mobile</i>	Mobile cellular subscriptions (per 100 people)
			<i>airtravel</i>	Access to air travel - Air transport, passengers carried
	Human Capital Sub-index (HCI)	Demography Sub-index (DI)	<i>pop15.64</i>	Population ages 15-64 (% of total population)
			<i>pop64+</i>	Population ages 64+ (% of total population)
			<i>pop.fem</i>	Population female (% of total population)
			<i>pop.urban</i>	Urban population (% of total population)
			<i>pop.prod</i>	Production rate (Birth rate, crude [per 1,000 people] / Death rate, crude [per 1,000 people])
		Education Sub-index (EI)	<i>comp.sch</i>	Compulsory education, duration (years)
			<i>sch.enroll</i>	School enrollment, primary (% gross)
			<i>inv.pup.teacher</i>	Pupil-teacher ratio, primary (inverse)
		Health Sub-index (HI)	<i>health.exp</i>	Current health expenditure (% of GDP)
			<i>physician</i>	Physicians (per 1,000 people)
			<i>inv.mortal</i>	Mortality rate, infant (per 1,000 live births) (inverse)
			<i>inv.tuber</i>	Incidence of tuberculosis (per 100,000 people) (inverse)
			<i>clean.water</i>	People using at least basic drinking water services (% of population)
		Financial Development Sub-index (FDI)	<i>credit.to.gdp</i>	Domestic credit provided by financial sector (% of GDP)
			<i>fdi</i>	Foreign direct investment, net inflows (% of GDP)
<i>trade</i>	Trade ((import+export)/of GDP)			
Energy Access Sub-index (EAI)	<i>acc.elec</i>	Access to electricity (% of population)		
	<i>acc.elec.rural</i>	Access to electricity, rural (% of rural population)		
	<i>acc.elec.cooking</i>	Access to clean fuels and technologies for cooking (% of population)		
	<i>elec.cons.pc</i>	Electric power consumption (kWh per capita)		
Energy Security Sub-index (ESI)	<i>energy.imp</i>	Energy imports, net (% of energy use)		
	<i>inv.res.rent</i>	Total natural resources rents (% of GDP) (inverse)		
	<i>inv.energy.dep</i>	Energy depletion (% of GNI) (inverse)		
Environmental Sustainability Sub-index (ENSI)	<i>inv.co2.gdp</i>	CO2 emissions (kg per 2010 US\$ of GDP) (inverse)		
	<i>inv.co2.pc</i>	CO2 emissions (metric tons per capita) (inverse)		
	<i>inv.co2.elec.heat</i>	CO2 emissions from electricity and heat production, total (% of total fuel combustion) (inverse)		
	<i>inv.fossil.fuel</i>	Fossil fuel energy consumption (% of total) (inverse)		
Institutional Infrastructure Sub-index (III)	<i>voice</i>	Voice and accountability		
	<i>pol.stab</i>	Political stability, no violence		
	<i>govt.effct</i>	Government effectiveness		
	<i>regulatory.qua</i>	Regulatory quality		
	<i>rule.law</i>	Rule of law		
	<i>corrupt</i>	Control of corruption		

المصدر: المؤلف

بما يكفي. ويستخدم مجلس الطاقة العالمي (2020) نهجا مشابها بالنسبة لمؤشر (WECTI). فهو يستخدم متوسط الدخل والمتوسط الإقليمي لتضمين الملاحظات المفقودة. وفي المقابل، لانتطبق الاتجاهات بحسب الدخل والمجموعات الإقليمية في عملية التضمين بنحو مباشر، ونقوم بدلا من ذلك، بتطوير نظام اندثار أشمل يتحكم في الاتجاهات الزمنية العالمية الخطية والتربيعية بالإضافة إلى التأثيرات الثابتة على مستوى الدول.

أما من الناحية العملية، فنستخدم نموذجين بالإضافة إلى نموذج ذي قيمة أعلى لـ R^2 للقيام بعملية التضمين. ونحتاج بداية أن تشرح معادلات الانحدار مالا يقل عن 25% من التباين في المتغير التابع (R^2). وفي حال لم تتمكن من ذلك، فإننا نوقف عملية التضمين. والأهم من ذلك، أننا لا نستخدم مباشرة القيم المتوقعة في التضمين بل نستخدم بدلا من ذلك معدلات النمو السنوية المحسوبة من التوقعات وصولا إلى أحدث البيانات المتوفرة في السلسلة بهدف استقراء الملاحظات المفقودة.¹² وأخيرا، نقوم بتسوية جميع المتغيرات عند مستوى 5% لاستبعاد القيم المتطرفة المحتملة.¹³ يعرض الجدول الثالث ملخص إحصائيات المتغيرات المستخدمة في بناء المؤشر.

حيث يمثل الرمز (i) الدولة، ويمثل الرمز (t) السنة. وتشمل المعادلة الأولى لوغاريتم نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي والاتجاهات الزمنية العالمية الخطية والتربيعية والتأثيرات الثابتة للدولة (j). وتراعي المعادلة الثانية الاختلافات في الدخل (يمثل الرمز "z" فئات الدخل) والمناطق (يمثل الرمز "h" المجموعات الإقليمية) والاتجاهات الزمنية العالمية. وتعتمد فئات الدخل على تصنيف البنك الدولي للدول مرتفعة الدخل والشريحة العليا من الدول متوسطة الدخل والشريحة الدنيا من الدول متوسطة الدخل والدول منخفضة الدخل. ونستخدم لمراعاة عدم تجانس المناطق بين الدول بشكل أفضل التجمعات الإقليمية المفصلة لمنظمة العمل الدولية.¹¹

كما تتبع الدراسات في المنشورات الخاصة بالمؤشرات أساليب إسناد مشابها، تعتمد بصفة عامة على الاتجاهات الإقليمية، وفئات الدخل، أو الارتباطات القوية بين المتغيرات. فمثلا، قام كل من (Kim and Loay- (2019) بإنشاء عينة مكونة من مجموعة من الدول لمؤشر إنتاجية البنك الدولي، واستخدما الاتجاهات الإقليمية وفئات الدخل لتضمين الملاحظات المفقودة. كما استخدمنا نماذج الانحدار في عملية التضمين إذا كانت للمتغيرات المستقلة قوة تفسيرية أو إضاحية عالية

الجدول 3. ملخص الإحصائيات.

	Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
1	gdp (in million \$)	4,379	324,000	1,290,000	101	20,500,000
2	pop. (in million)	4,379	42.00	142.00	0.42	1,390.00
3	cap.form (in million \$)	4,379	58,600	128,000	-	799,000
4	land (in million sq. km)	4,379	0.84	2.04	0.00	16.40
5	gdp.gr	4,379	0.07	0.16	-0.76	3.05
6	pop.gr	4,379	0.02	0.02	-0.19	0.19
7	cap.form.gr	4,339	0.05	0.13	-0.44	1.24
8	gdp.pc	4,379	9,343.94	14,600.07	95.19	103,059.20
9	fixed.tel	4,377	16.36	17.69	0.00	68.41
10	internet	4,379	20.43	27.55	0.00	98.64

11	mobile	4,379	48.24	51.36	0.00	210.05
12	airtravel	4,379	0.50	1.01	0.00	10.05
13	credit.to.gdp	4,379	56.62	47.90	0.00	260.86
14	fdi	4,191	3.61	5.06	-12.04	89.48
15	trade	4,379	78.02	36.61	11.09	226.04
16	pop15.64	4,379	61.48	7.07	46.98	78.75
17	pop64+	4,379	7.37	5.17	1.33	21.95
18	pop.fem	4,379	50.21	2.24	34.01	53.83
19	pop.urban	4,379	55.52	22.58	6.27	100.00
20	pop.prod	4,375	2.98	1.61	0.62	10.14
21	inv.pup.teacher	4,379	0.05	0.02	0.01	0.11
22	comp.sch	4,379	8.92	2.00	5.00	15.00
23	sch.enroll	4,379	70.33	32.30	5.16	156.56
24	clean.water	4,379	80.87	20.50	17.54	100.02
25	inv.mortal	4,379	0.04	0.05	0.00	0.33
26	inv.tuber	4,379	0.09	0.10	0.01	0.59
27	physician	4,379	1.56	1.39	0.00	5.29
28	health.exp	4,379	5.89	2.25	1.66	12.88
29	elec.cons.pc	4,379	3,354.13	3,624.91	23.67	17,765.72
30	acc.elec.cooking	4,379	59.22	37.55	0.00	100.00
31	acc.elec.rural	4,379	65.87	40.21	0.00	100.00
32	acc.elec	4,379	74.28	33.56	2.13	100.00
33	energy.imp	4,379	-23.06	144.03	-885.25	103.31
34	inv.res.rent	4,302	10.35	75.88	0.02	1,505.81
35	inv.energy.dep	4,379	5.15	4.25	0.02	10.00
36	inv.co2.gdp	4,379	3.04	2.22	0.22	17.52
37	inv.co2.pc	4,379	2.53	5.28	0.03	53.47
38	inv.co2.elec.heat	4,379	11.55	337.75	0.00	10,000.00
39	inv.fossil.fuel	4,379	397.38	1,953.58	0.01	10,000.00
40	voice	4,379	0.53	0.23	0.05	0.98
41	pol.stab	4,379	0.59	0.18	0.10	0.93
42	govt.effct	4,379	0.49	0.20	0.12	0.96
43	regulatory.qua	4,379	0.53	0.20	0.10	0.96
44	rule.law	4,379	0.52	0.21	0.14	0.99
45	corrupt	4,379	0.40	0.23	0.04	0.98

المصدر: المؤلف.

4. تصميم مؤشر التحول إلى الطاقة المتجددة

بناء مؤشّر (RETPI)

نناقش في هذا القسم الفرعي عملية بناء مؤشّر (RETPI) الكلي وعناصره الفرعية، كما نوضح مدى تشبع عامل تحليل العنصر الرئيسي (الأوزان) ونتائج اختبارات المتانة اللازمة.

المؤشّر الفرعي للعوامل الاقتصادية

يشمل المؤشّر الفرعي للعوامل الاقتصادية المؤشّرات الفرعية لإمكانات الحجم وأداء النمو ومستوى التنمية. ويشمل المؤشّر الفرعي لإمكانات الحجم مقاييس مختلفة للحجم. ونستخدم الناتج المحلي الإجمالي والسكان وتكوين رأس المال الإجمالي والأراضي لعكس الحجم الاقتصادي والسكاني ورأس المال المادي والجغرافي، على التوالي. وبالمثل، يشمل المؤشّر الفرعي لإمكانات النمو نمو جميع مقاييس الحجم هذه باستثناء الأراضي التي تظل في الغالب ثابتة مع مرور الوقت. وأخيرا، يغطي المؤشّر الفرعي لمستوى التنمية العديد من البدائل التي تقيس جوانب التنمية الاقتصادية المختلفة. وتشمل هذه البدائل نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي واشتراكات الهاتف الثابت (لكل 100 شخص) ومستخدمو الإنترنت (كنسبة مئوية من السكان) واشتراكات الهاتف المحمول (لكل 100 شخص) وإجمالي عدد المسافرين جوا في السنة (كنسبة مئوية من السكان). وتجدر الإشارة إلى حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيسي بالنسبة للمؤشّر الفرعي للعوامل الاقتصادية:

$$EFI = 0.63 * z(SPI) - 0.39 * z(GPI) + 0.67 * z(DLI), \quad (1)$$

حيث $z(x) = \frac{x_i - \text{mean}(x)}{\text{std}(x)}$ ¹⁵ يمثل المؤشّر الفرعي للعوامل الاقتصادية 45% من إجمالي التباين في عناصره الفرعية. تقدر القيمة الذاتية لنموذج العنصر الرئيسي بـ 1.35، وتعتبر اختبارات كايزر ماير أولكين (KMO) لجميع المتغيرات (أي المؤشّرات الفرعية) أعلى من القيمة الحرجة البالغة 0.50. علاوة على ذلك، نجد أن حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيسي للمؤشّرات الفرعية هي:

يصف هذا القسم المنهجية المتبعة وعملية بناء المؤشّر.

المنهجية: نهج تحليل العنصر الرئيسي

بحسب ما تمت مناقشته في القسم (2)، قسمنا محددات التحول إلى الطاقة المتجددة إلى سبع مؤشّرات فرعية رئيسية يتم تجميعها فيما بعد لبناء مؤشّر (RETPI) الكلي، وقمنا ببناء مؤشّرات فرعية ومؤشّر (RETPI) باستخدام تحليل العناصر الرئيسية. كما قمنا في بادئ الأمر بتطبيق تحليل العناصر الرئيسية على المؤشّرات الفرعية، ومن ثم طبقناه على المؤشّر المركب. ولجأنا إلى عكس المتغيرات عند الضرورة للتأكد من أن لكل متغير علاقة إيجابية مع التحول إلى الطاقة المتجددة بناء على نتائج المنشورات وبالتالي، تشير قيمة المؤشّر الأعلى إلى إمكانية تحول أفضل إلى الطاقة المتجددة.

نلخص بإيجاز منهجية تحليل العناصر الرئيسية، إذ يعتبر هذا التحليل أحد طرق تقليل الأبعاد ويلخص المعلومات الواردة في العديد من المتغيرات في عناصر رئيسية (أي تركيب خطي من تلك المتغيرات)، ويمكن أن يكون عدد العناصر الرئيسية مرتفعا على غرار المتغيرات المختارة. ومع ذلك فإن العنصر الرئيسي عادة ما يمثل معظم التباين (أي القوة الإيضاحية أو التفسيرية). وتتمثل إحدى القواعد العامة لتحليل العنصر الرئيسي في أن القيمة الذاتية المرتبطة بالعنصر الرئيسي ينبغي أن تكون أكبر من واحد، من أجل ضمان جودة النموذج. أما القاعدة العامة الثانية فتتمثل في وجوب أن تكون للمتغيرات الواردة في نموذج تحليل العنصر الرئيسي درجة معينة من القواسم المشتركة الكافية. وعادة ما يتم اختبار هذه القواسم المشتركة باستخدام اختبار كايزر ماير أولكين (Kaiser-Meyer-Olkin) الذي يرمز له اختصارا بـ (KMO). وتجدر الإشارة إلى أن لهذا الاختبار قيمة حرجة تبلغ 0.5، أعلى من مستوى الكفاية للقواسم المشتركة. وبالتالي، وبالنسبة لجميع نماذج تحليل العنصر الرئيسي المستخدمة في تحليلنا، فإننا نقوم بالإبلاغ أن القيمة الذاتية لأول عنصر رئيسي، فضلا عن نتائج اختبار كايزر ماير أولكين ¹⁴ (KMO).

المؤشر الفرعي لرأس المال البشري

يتضمن المؤشر الفرعي لرأس المال البشري ثلاثة مؤشرات فرعية: علم السكان والتعليم والصحة. ويمثل المؤشر الفرعي لعلم السكان الخصائص الأساسية للسكان (مثل الحجم والعمر ومعدل الإنتاج) ويتألف من السكان الذين تتراوح أعمارهم ما بين (15 و64) والذين تزيد أعمارهم عن ذلك، كنسبة مئوية من إجمالي السكان. كما يشمل نسبة النساء من إجمالي السكان ونسبة الحضر كنسبة مئوية من إجمالي السكان. وأخيراً، يراعي المؤشر معدل الإنتاج بين السكان (أي نسبة المواليد إلى الوفيات).

ويصف المؤشر الفرعي للتعليم مستوى التعليم في البلاد وجودته، ونونه هنا على إدراجنا للتعليم الإلزامي في المدارس (بالسنوات) والالتحاق بالمدارس الثانوية (أو الابتدائية كنسبة مئوية من الإجمالي) ونسبة التلاميذ إلى المدرسين (في المرحلة الابتدائية)، كمانعكس نسبة التلاميذ إلى المدرسين للتأكد من ارتباطها ارتباطاً إيجابياً بالتعليم عالي الجودة.

وأخيراً، يمثل المؤشر الفرعي للصحة العامة. ويغطي النفقات الصحية الحالية (نسبتها من الناتج المحلي الإجمالي) وعدد الأطباء (لكل 1000 شخص) ومعدل وفيات الرضع (لكل 1000 مولود حي). كما يشمل حالات الإصابة بالدرن (لكل 100,000 شخص) والأشخاص الذين يستخدمون خدمات مياه الشرب الأساسية على الأقل (نسبتهم المئوية من السكان). ويتم عكس معدل وفيات الرضع ومعدل الإصابة بالدرن لضمان ارتباطها ارتباطاً إيجابياً بصحة عامة أفضل. وفيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيسي لمؤشر رأس المال البشري الفرعي:

$$HCI = 0.57*z(DI) + 0.57*z(EI) + 0.59*z(HI). \quad (3)$$

$$SPI = 0.55*z(gdp) + 0.43*z(pop.) + 0.54*z(cap. formation) + 0.47*z(land),$$

$$GPI = 0.65*z(gdp.growth) + 0.39*z(pop.growth) + 0.65*z(cap.form.growth),$$

$$DLI = 0.50*z(gdp.pc) + 0.43*z(telephone) + 0.50*z(internet) + 0.43*z(mobile) + 0.35*z(airtravel).$$

يمثل SPI وGPI وDLI و60% و44% و62% من التباين الإجمالي في متغيرات الضبط، على التوالي. علاوة على ذلك، يمتلك كل نموذج قيمة ذاتية تزيد عن الواحد، ويكون اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير فوق المستوى الحرج.

المؤشر الفرعي للإينماء المالي

يحتوي المؤشر الفرعي للإينماء المالي على ثلاث متغيرات مستخدمة على نطاق واسع في المؤلفات لاستبدال التنمية المالية، لا سيما الحصول على التمويل من القطاع الخاص. يمثل المتغير الأول الائتمان المحلي الذي يقدمه القطاع المالي (كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي). ويمثل المتغير الثاني صافي تدفقات الاستثمار الأجنبي المباشر للداخل (بالقيمة الحالية للدولار الأمريكي وكنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي). وأخيراً، نقوم بتضمين الميزان التجاري (إجمالي الواردات والصادرات كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي). وفيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيسي بالنسبة للمؤشر الفرعي للإينماء المالي:

$$FDI = 0.39*z(credit.to.gdp) + 0.65*z(fdi) + 0.66*z(trade). \quad (2)$$

يمثل المؤشر الفرعي للإينماء المالي 50% من إجمالي التباين في متغيرات الضبط في النموذج. وتقدر القيمة الذاتية للنموذج بـ 1.50 وتصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير إلى أعلى من 0.5.

4. تصميم مؤشر التحول إلى الطاقة المتجددة

يمثل المؤشر الفرعي للحصول على الطاقة 78 % من إجمالي التباين في متغيرات الضبط الواردة في النموذج. وتصل القيمة الذاتية للنموذج إلى 3.11 بينما تصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير إلى ما فوق 0.5.

المؤشر الفرعي لأمن الطاقة

يقيس المؤشر الفرعي لأمن الطاقة مخاوف الدولة المتعلقة بأمن الطاقة أو بالتحديد اعتمادها على موارد الوقود من دول أخرى. ويغطي المؤشر صافي واردات الطاقة (نسبة استخدام الطاقة) وإجمالي إيجارات الموارد الطبيعية (نسبة من الناتج المحلي الإجمالي) واستنزاف الطاقة (نسبة من إجمالي الدخل القومي). ويمثل إجمالي إيجارات الموارد الطبيعية إيجارات الدولة من الموارد الطبيعية مثل الفحم والنفط والغاز في سنة معينة. وبالتالي فإن إجمالي الإيجارات يدل على قلة الاعتماد على الموارد الطبيعية المستوردة. ويمثل استنزاف الطاقة نسبة قيمة موارد الطاقة المتبقية (الفحم والنفط والغاز) إلى العمر المتبقي للاحتياطي والذي يصل إلى 25 عاما. وتدل زيادة استنزاف الطاقة على وجود المزيد من أصول الموارد الطبيعية ومن ثم قلة الاعتماد على الطاقة. نعكس المتغيرين حتى يتلاءما مع طبيعة المؤشر. وبالتالي فإن ارتفاع قيمة المؤشر لدولة ما يعني زيادة الاعتماد على الموارد (أو مخاوف أكبر بشأن أمن الطاقة). وعموما، يتم تقدير حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيس لمؤشر أمن الطاقة الفرعي وفقا لما يلي:

$$ESI = 0.67*z(\text{energy.import}) + 0.30*z(\text{inv.resource.rents}) + 0.68*z(\text{inv.energy.dep}). \quad (5)$$

ويمثل المؤشر الفرعي لأمن الطاقة 52 % من إجمالي تباين المتغيرات التي يتحكم فيها النموذج. وتصل القيمة الذاتية للنموذج إلى 1.60 بينما تصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير إلى ما فوق 0.5.

يمثل المؤشر الفرعي لرأس المال البشري 88% من إجمالي التباين في المتغيرات التي يتحكم فيها النموذج. للنموذج قيمة ذاتية تقدر ب 2.6 وتصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير فوق 0.5 لجميع العناصر. فضلا عن ذلك، تجدون فيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيس للمؤشرات الفرعية:

$$DI = 0.47*z(\text{pop15} - 64) + 0.59*z(\text{pop64+}) + 0.22*z(\text{popfemale}) + 0.40*z(\text{pop.urban})$$

$$- 0.48*z(\text{pop.prod.rate}),$$

$$EI = 0.61*z(\text{inv.pupil.teacher}) + 0.48*z(\text{compulsory.edu}) + 0.63*z(\text{secondary.sch.enroll}),$$

$$HI = 0.44*z(\text{clean.water}) + 0.45*z(\text{inv.tuber}) + 0.49*z(\text{inv.mortality}) + 0.48*z(\text{physician})$$

$$+ 0.36*z(\text{health.exp}).$$

يمثل DI و EI و HI و 52% و 70% و 63% على التوالي من إجمالي التباين في متغيرات الضبط. وتصل القيمة الذاتية لكل نموذج إلى ما فوق الواحد بينما تصل قيمة نتائج اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) للمتغيرات في كل نموذج إلى ما فوق المستوى الحرج.

المؤشر الفرعي للحصول على الطاقة

يهدف المؤشر الفرعي للحصول على الطاقة إلى قياس قدرة سكان الدولة على الحصول على الطاقة. ويشمل هذا المؤشر استهلاك الطاقة الكهربائية (كيلوواط في الساعة للفرد) والحصول على الوقود النظيف وتقنيات الطهي (نسبة مئوية من السكان). كما يشمل إمكانية الحصول على الكهرباء (نسبة مئوية من السكان) والحصول على الكهرباء في المناطق الريفية (نسبة مئوية من سكان الأرياف). وفيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيس للمؤشر الفرعي للحصول على الطاقة:

$$EAI = 0.34*z(\text{elec.cons.pc}) + 0.54*z(\text{access.to.elec.cooking}) + 0.54*z(\text{access.to.elec.rural}). \quad (4)$$

$$\text{III} = 0.39 * z(\text{voice.accountability}) + 0.37 * z(\text{political.stab}) + 0.42 * z(\text{govt.effectiveness}) + 0.42 * z(\text{regulatory.quality}) + 0.43 * z(\text{rule.of.law}) + 0.42 * z(\text{control.of.corrupt}). \quad (7)$$

ويمثل المؤشر الفرعي للبنية التحتية المؤسسية 87 % من إجمالي التباين في متغيرات الضبط الواردة في النموذج. وتصل القيمة الذاتية للنموذج إلى 5.25 بينما تصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير إلى ما فوق 0.5.

المؤشر المركب لإمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة

نحصل على المؤشر المركب لإمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة من خلال جمع المؤشرات الفرعية السبعة التي تمت مناقشتها أعلاه. وفيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيس لمؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة:

$$\text{RETPI} = 0.41 * z(\text{EFI}) + 0.28 * z(\text{FDI}) + 0.50 * z(\text{HCI}) + 0.49 * z(\text{EAI}) + 0.05 * z(\text{ESI}) - 0.24 * z(\text{ENSI}) + 0.45 * z(\text{III}). \quad (8)$$

يمثل مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة 50 % من إجمالي التباين في متغيرات الضبط (أي المؤشرات الفرعية) الواردة في النموذج. وتصل القيمة الذاتية للنموذج إلى 3.48 بينما تصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير إلى ما فوق 0.5. وتتم إعادة قياس مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة ومؤشراته الفرعية لتكون ما بين الصفر والواحد، باتباع دالة التحويل الخطي المعيارية.¹⁶ تعمل إعادة القياس ببساطة على تسهيل تفسير الدرجات ولا تغير من الترتيب الفعلي للدولة.

المؤشر الفرعي للاستدامة البيئية

يحتوي مؤشر الاستدامة البيئية على مقاييس رئيسة للتلوث. فهو يشمل نصيب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (طن متري) من الناتج المحلي الإجمالي (بقيمة الدولار الأمريكي في عام 2010) وإجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (طن متري) للفرد. كما يشمل إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الكهرباء وتوليد الحرارة (كنسبة مئوية من إجمالي احتراق الوقود) واستهلاك طاقة الوقود الأحفوري (كنسبة مئوية من إجمالي استهلاك الطاقة). ويتم عكس جميع المتغيرات الأربعة بحيث يصبح المؤشر الفرعي للاستدامة البيئية أكبر عندما يكون التلوث أقل. وفيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيس لمؤشر الاستدامة البيئية الفرعي:

$$\text{ENSI} = 0.61 * z(\text{inv.CO2.gdp}) + 0.64 * z(\text{inv.CO2.pc}) + 0.24 * z(\text{inv.CO2.elec.heat}) + 0.39 * z(\text{inv.fossil.fuel}). \quad (6)$$

يمثل المؤشر الفرعي للاستدامة البيئية 44 % من إجمالي التباين في متغيرات الضبط الواردة في النموذج. وتصل القيمة الذاتية للنموذج إلى 1.76 بينما تصل قيمة اختبار كايزر ماير أولكين (KMO) لكل متغير إلى ما فوق 0.5.

المؤشر الفرعي للبنية التحتية المؤسسية

يشمل المؤشر الفرعي للبنية التحتية المؤسسية سلامة مؤشرات الحوكمة العالمية ومسؤوليتها والاستقرار السياسي وفعالية الحكومة والجودة التنظيمية وسيادة القانون ومكافحة الفساد. وتشير القيمة الأعلى لكل مؤشر إلى جودة مؤسسية أفضل. وفيما يلي حالات تشبع عامل تحليل العنصر الرئيس للمؤشر الفرعي للبنية التحتية المؤسسية:

5. نقاش حول مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة

العلاقة بين مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) والطاقة المتجددة.

نقدم في هذا القسم الفرعي المزيد من الأدلة التجريبية للعلاقة بين مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) وأداء الدول للتحول إلى الطاقة المتجددة. ومن بين مؤشرات الطاقة المتجددة المختلفة (مثل الإنتاج والاستهلاك)، نركز على موارد الطاقة المتجددة المعاصرة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الكامنة في جوف الأرض. وبالتالي، فإننا نستخدم حصة الطاقة المتجددة غير الكهرومائية في توليد الطاقة باعتبارها بديلاً لأداء الدول المتعلق بالتحول إلى الطاقة المتجددة.

تم تصميم مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة لقياس إمكانية تحول الدول إلى الطاقة المتجددة بالنظر إلى تاريخ أدائها في سبع مؤشرات فرعية و45 متغيراً. وقد ترتبط إمكانية دولة ما أو لا ترتبط مباشرة بأدائها الخاص بالتحول في سنة معينة. بعبارة أخرى، فإنه على الرغم من أننا نتوقع أن يكون هناك ارتباط إيجابي بين إمكانات وأداء التحول إلى الطاقة المتجددة في دولة ما إلا أنه قد لا يكون لها تخطيط مباشر. وبدلاً من ذلك، فقد تزيد إمكانات دولة ما أو تنقص. وللتوسع في استكشاف هذه العلاقة، نناقش أولاً العلاقة بين نتائج مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة وحصة الطاقة المتجددة، وهو بديل مستخدم على نطاق واسع لأداء تحول الدول إلى الطاقة المتجددة. ومن ثم نوضح اتجاهات هذه المتغيرات خلال الثلاثة عقود الماضية ونناقش الصورة العالمية بناءً على نتائج مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة منذ عام 2018.

الجدول 3. الارتباطات بين حصة الطاقة المتجددة غير الكهرومائية والمؤشرات.

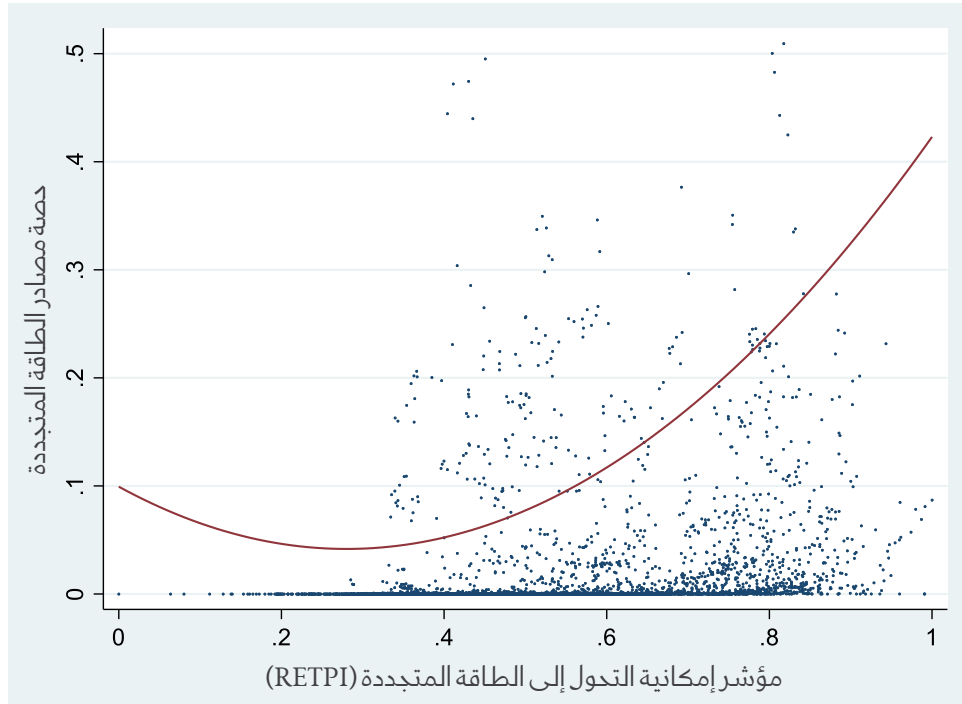
	RETPI	EFI	FDI	HCI	EAI	ESI	ENSI	III
NhRE	0.2089*	0.2082*	0.1157*	0.2215*	0.1227*	0.1238*	0.0071	0.1956*

ملاحظة: يمثل NhRE حصة مصادر الطاقة المتجددة غير الكهرومائية في توليد الطاقة. ويمثل EFI المؤشر الفرعي للعوامل الاقتصادية. ويمثل FDI المؤشر الفرعي للتنمية المالية. ويمثل HCI المؤشر الفرعي لرأس المال البشري. ويمثل EAI المؤشر الفرعي للحصول على الطاقة. ويمثل ESI المؤشر الفرعي للأمن الطاقة. ويمثل ENSI المؤشر الفرعي للاستدامة البيئية. ويمثل III المؤشر الفرعي للبنية التحتية المؤسسية.

المصدر: المؤلف

5. نقاش حول مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة

الشكل 1. الارتباط بين حصة مصادر الطاقة المتجددة غير الكهرومائية ومؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI).



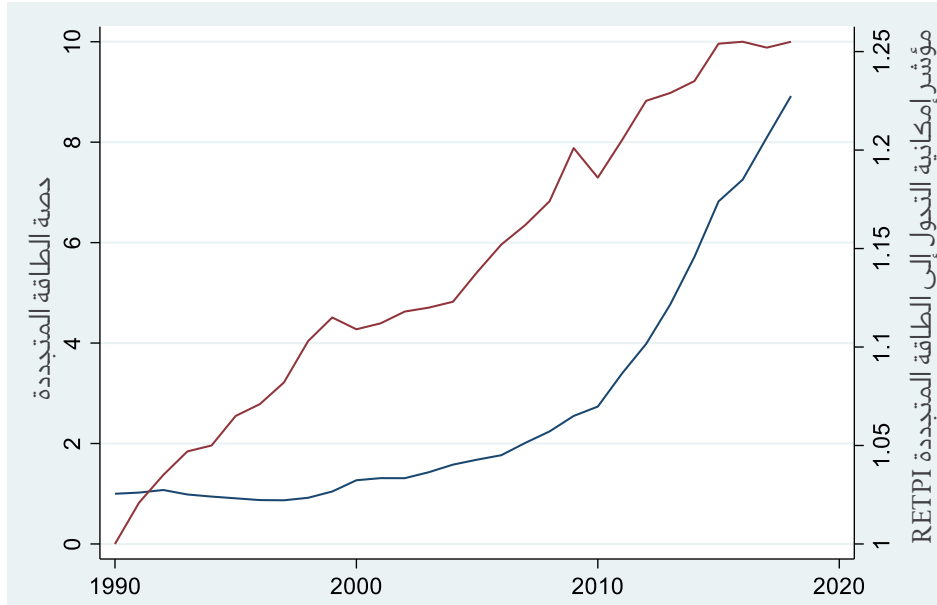
ملاحظة: تشمل حصة مصادر الطاقة المتجددة مصادر الطاقة المتجددة غير الكهرومائية في توليد الطاقة. المصدر: المؤلف استناداً إلى مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) و Enerdata.

الحصول على الطاقة. كانت لهذه المؤشرات الفرعية، بما يتماشى مع مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة، اتجاهات تصاعدية خلال فترة العينة. وعلى العكس من ذلك، تبدو عوامل أمن الطاقة والبنية التحتية المؤسسية والاستدامة البيئية إما ثابتة أو متدرجة في الانخفاض. ثانياً، تسارعت اتجاهات العوامل الاقتصادية والمالية تحديداً بعد الأزمة المالية العالمية في عام 2008. ولربما لم تدعم التدفقات الكبيرة لرأس المال المقدمة من الدول المتقدمة إلى الاقتصادات النامية هذا التسارع. وفي المقابل، نجد أن عوامل رأس المال البشري والحصول على الطاقة شهدت نمواً شبيه خطي على مدى الثلاثة عقود الماضية.

ولمزيد من المراجع المرئية، رسمنا تطورات متوسط حصة الطاقة المتجددة ومؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) منذ عام 1990 في الشكل (2).¹⁸ وبحسب الشكل تتبع اتجاهات حصة مصادر الطاقة المتجددة غير الكهرومائية ومؤشر التحول إلى الطاقة المتجددة ديناميكيات نمو متشابهة، مع ارتباط يصل إلى 85%. كما رسمنا تطورات المؤشرات الفرعية في الشكل 3، مما يقدم رؤى قيمة حول العوامل الكامنة التي أدت إلى تطور مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة. أولاً، يوضح الشكل الثالث تأثير مؤشر التحول إلى الطاقة المتجددة بالتطورات في العوامل الاقتصادية والعوامل المالية وعوامل رأس المال البشري وعوامل

5. نقاش حول مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة

الشكل 2. تطور حصة الطاقة المتجددة (NhRE) ومؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة بمرور الوقت.

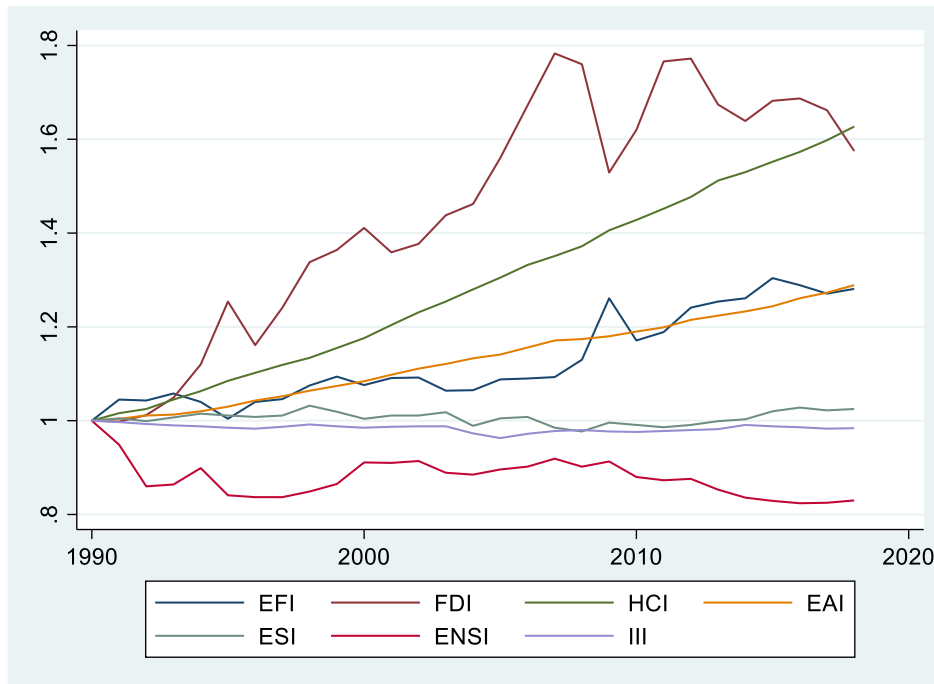


— مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة RETPI — حصة الطاقة المتجددة

ملاحظة: قيم كلا المتغيرين ترتبط بقيمهما في عام 1990. تشمل حصة الطاقة المتجددة حصة مصادر الطاقة المتجددة غير الكهرومائية في إجمالي توليد الطاقة.

المصدر: المؤلف استناداً إلى مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) و Enerdata

الشكل 3. تطور المؤشرات الفرعية بمرور الوقت.



ملاحظة: ترتبط هذه القيم بقيم عام 1990.

المصدر: المؤلف استناداً إلى مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI).

5. نقاش حول مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة

أعلى إمكانات للتحول إلى الطاقة المتجددة. وتشمل الولايات المتحدة الأمريكية وكندا في أمريكا الشمالية ومعظم الدول الأوروبية، خاصة ألمانيا والنمسا وسويسرا ودول الشمال الأوروبي. كما تشمل اليابان وسنغافورة وهونغ كونغ في آسيا إضافة إلى أستراليا. وفي المقابل، تمتلك معظم الدول الأفريقية، خاصة دول غرب ووسط وشرق أفريقيا أقل إمكانات للتحول إلى الطاقة المتجددة.

ترتيب الدول حسب مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) لعام 2018

يوضح الجدول 5 درجات وترتيب الدول حسب مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة لعام 2018. كما جرى توضيح الدرجات في خريطة العالم الحرارية في الشكل 4. وتجدر الإشارة إلى أن أحدث نتائج المؤشر (RETPI) هي لعام 2018 وتشير إلى الدول التي تمتلك

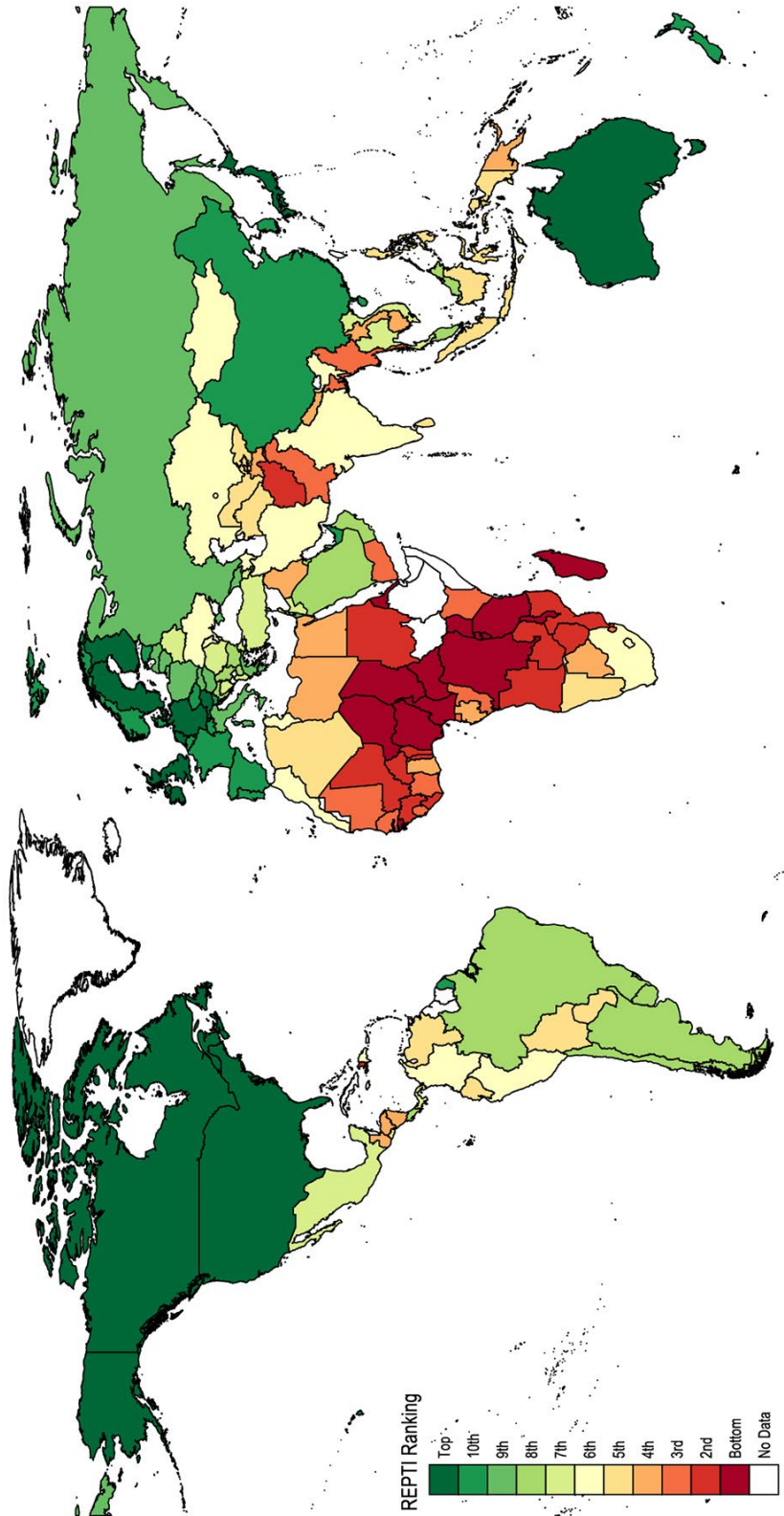
الجدول 5. درجات وترتيب الدول حسب مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة RETPI في عام 2018.

R	Country	RETPI	R	Country	RETPI	R	Country	RETPI	R	Country	RETPI
1	United States	1.00	46	Malaysia	0.70	91	Bolivia	0.56	136	Nigeria	0.38
2	Hong Kong	0.94	47	Saudi Arabia	0.69	92	Uzbekistan	0.56	137	Madagascar	0.38
3	Singapore	0.92	48	Costa Rica	0.69	93	Namibia	0.55	138	Cameroon	0.37
4	Canada	0.90	49	Uruguay	0.69	94	Kyrgyz Rep.	0.55	139	Eritrea	0.37
5	Germany	0.88	50	Argentina	0.68	95	Botswana	0.55	140	Tanzania	0.37
6	Ireland	0.88	51	Oman	0.68	96	Cambodia	0.55	141	Uganda	0.36
7	Japan	0.88	52	Kuwait	0.68	97	Egypt, Arab Rep.	0.55	142	Rwanda	0.35
8	Australia	0.85	53	North Macedonia	0.68	98	Honduras	0.54	143	Niger	0.35
9	Finland	0.85	54	Serbia	0.68	99	Guatemala	0.54	144	Malawi	0.34
10	Netherlands	0.85	55	Trinidad and Tob.	0.67	100	Gabon	0.53	145	Guinea-Bissau	0.33
11	Austria	0.82	56	Belarus	0.67	101	Libya	0.53	146	Congo, D.R.	0.31
12	Sweden	0.82	57	Vietnam	0.66	102	Nicaragua	0.52	147	Burundi	0.30
13	UK	0.82	58	Panama	0.65	103	Iraq	0.51	148	Central African	0.28
14	Switzerland	0.82	59	Thailand	0.65	104	Ghana	0.51	149	Chad	0.25
15	Norway	0.82	60	Turkey	0.65	105	Lao PDR	0.51			
16	Korea, Rep.	0.81	61	Armenia	0.64	106	Nepal	0.50			
17	Belgium	0.81	62	Mexico	0.64	107	Tajikistan Papua New	0.48			
18	Denmark	0.81	63	Romania	0.64	108	Guinea	0.48			
19	New Zealand	0.80	64	Lebanon	0.64	109	Myanmar	0.48			
20	China	0.80	65	Bosnia	0.64	110	Congo, Rep.	0.48			
21	UAE	0.80	66	Jordan	0.63	111	Eswatini	0.48			
22	France	0.80	67	Albania	0.63	112	Bangladesh	0.47			
23	Estonia	0.80	68	Jamaica	0.63	113	Senegal	0.47			
24	Spain	0.79	69	Tunisia	0.63	114	Lesotho	0.46			
25	Slovenia	0.78	70	India	0.63	115	Sierra Leone	0.45			
26	Portugal	0.78	71	Ukraine	0.62	116	Kenya	0.45			
27	Czech Rep.	0.77	72	Kazakhstan	0.61	117	Pakistan	0.45			
28	Italy	0.77	73	South Africa	0.61	118	Mauritania	0.45			
29	Cyprus	0.76	74	Moldova	0.61	119	Cote d'Ivoire	0.44			
30	Lithuania	0.75	75	Colombia	0.60	120	Yemen, Rep.	0.43			
31	Israel	0.75	76	Iran	0.60	121	Equatorial Guinea	0.43			
32	Slovak Rep.	0.75	77	Peru	0.60	122	Benin	0.43			
33	Qatar	0.74	78	Morocco	0.60	123	Mozambique	0.43			
34	Greece	0.74	79	Mongolia	0.60	124	Liberia	0.42			
35	Poland	0.73	80	Dominican Rep.	0.60	125	Sudan	0.42			
36	Latvia	0.73	81	Azerbaijan	0.59	126	Afghanistan	0.42			
37	Hungary	0.72	82	El Salvador	0.59	127	Togo	0.42			
38	Russia	0.71	83	Ecuador	0.59	128	Gambia, The	0.40			
39	Bahrain	0.71	84	Venezuela, RB	0.58	129	Zambia	0.40			
40	Georgia	0.71	85	Indonesia	0.58	130	Burkina Faso	0.40			
41	Chile	0.71	86	Sri Lanka	0.57	131	Guinea	0.40			
42	Bulgaria	0.70	87	Algeria	0.57	132	Haiti	0.39			
43	Brazil	0.70	88	Turkmenistan	0.57	133	Zimbabwe	0.38			
44	Croatia	0.70	89	Paraguay	0.57	134	Angola	0.38			
45	Mauritius	0.70	90	Philippines	0.56	135	Mali	0.38			

المصدر: المؤلف.

5. نقاش حول مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة

الشكل 4. خريطة حرارية للعالم توضح مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة في عام 2018.



المصدر: المؤلف.

وتشمل هذه الدول كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا في أمريكا الشمالية وألمانيا وإيرلندا والنمسا ودول الشمال الأوروبي في أوروبا وهونغ كونغ وسنغافورة واليابان وكوريا الجنوبية في آسيا بالإضافة إلى أستراليا. وفي المقابل، تمتلك معظم الدول الأفريقية إمكانات أقل للتحويل إلى الطاقة المتجددة. ومن بين المؤشرات الفرعية، تساهم العوامل الاقتصادية والتنمية المالية ورأس المال البشري والحصول على الطاقة بأكبر قدر في تسريع مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة. ويبدو أن هذه العوامل غير موجودة في أكثر الدول تأخرًا.

استعرضت هذه الدراسة قدرًا كبيرًا من البيانات والمؤلفات المتعلقة بالعوامل المحددة الرئيسة للتحويل إلى الطاقة المتجددة. وبالتالي، فهي تساهم في تطوير المزيد من السياسات والدراسات الأكاديمية. وخصوصًا، يمكن استخدام مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة ومؤشراته الفرعية لتحليل إمكانات الدول وأدائها المرتبط بالتحويل إلى الطاقة المتجددة وتوقع الاتجاهات المستقبلية لتحويل الدول إلى الطاقة المتجددة. ومع ذلك، يعد مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة خطوة أولية في فهم ديناميكيات التحويل إلى الطاقة المتجددة. وعلى الرغم من شمولية المؤشر إلا أنه يحتاج تحسينات مستمرة وتحديث للمنهجيات الإحصائية المختلفة وإضافة متغيرات أو عوامل جديدة. فعلى سبيل المثال، يمكن دمج تحول الدول ونشر تقنيات الطاقة المتجددة وسياسات المناخ وتوفير أدوات التمويل المستدام في مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة. وسوف تساهم هذه التحسينات في ردف الجهود المبذولة لإنشاء أدوات مرجعية أكثر دقة لقياس إمكانات الدول للتحويل إلى الطاقة المتجددة. وسوف تكون مثل هذه الجهود جزءًا من بحوثنا المستقبلية.

تحول نظام الطاقة العالمي خلال الثلاثة عقود الماضية تحولًا كبيرًا نحو بدائل أكثر استدامة. ونجد أنه في معظم الدول تلعب الطاقة المتجددة دورًا كبيرًا في هذا التحول. وبالتالي يعتبر فهم الديناميكيات المركزية للتحويل إلى الطاقة المتجددة مهما لتصميم سياسات فعالة. وبغية المساهمة في هذه الجهود، قمنا ببناء مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة (RETPI). كما قمنا بالتمعن في الدراسات ذات الصلة والمؤشرات المتوفرة لتحديد 45 عاملًا رئيسًا في عمليات التحويل إلى الطاقة المتجددة. ومن ثم، جمعنا هذه العوامل في سبع تصنيفات وهي: العوامل الاقتصادية والتنمية المالية ورأس المال البشري والحصول على الطاقة وأمن الطاقة والاستدامة البيئية والبنية التحتية المؤسسية. وطورنا باستخدام تحليل العناصر الرئيسة سبع مؤشرات فرعية لكل من هذه التصنيفات وجمعناها في مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة (RETPI). ويمكن استخدام هذا المؤشر المركب لقياس إمكانات الدول للتحويل إلى الطاقة المتجددة بالنظر إلى تاريخ أدائها في عوامل التمكين الحاسمة. يتوفر مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة (RETPI) لـ 149 دولة وللفترة من عام 1990 وحتى عام 2018.

يعد مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة (RETPI) أداة مرجعية مفيدة لصانعي السياسات والباحثين. فهو يوضح ديناميكيات التحويل إلى الطاقة المتجددة باستخدام بيانات لثلاثة عقود وبالتالي فهو يشير إلى إمكانات تحول دولة ما مقارنة بقرياناتها. يرتبط ارتفاع مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة ارتباطًا إيجابيًا وقويًا بزيادة استخدام الطاقة المتجددة، وهو بديل يستخدم على نطاق واسع للتحويل إلى الطاقة المتجددة. كما يحدد المؤشر من خلال مؤشراته الفرعية العوامل التي لا بد من تحسينها لضمان سلامة تجربة التحويل إلى الطاقة المتجددة. فعلى سبيل المثال، تظهر درجات مؤشر إمكانية التحويل إلى الطاقة المتجددة لعام 2018 الدول الأقوى إمكانات للتحويل إلى الطاقة المتجددة.

¹ على سبيل المثال، اعتمد قادة مجموعة العشرين، التي تضم مجموعة من الدول الغنية والنامية والرائدة، مفهوماً أخيراً من مفاهيم التحول وهو الاقتصاد الدائري للكربون. يجسد هذا المفهوم جميع أنشطة التحول في إجراءات التقليل والإزالة وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير إلى جانب المجالات الشاملة. وكجزء من ركيزة التقليل، يلعب استخدام الطاقة المتجددة دوراً عملياً رئيسياً. يمكن التعرف على مزيد من التفاصيل حول إعلان القادة من خلال الرابط التالي: <https://www.mofa.go.jp/files/100117981.pdf>.

² تستند هذه الأرقام إلى حسابات المؤلف باستخدام بيانات من Enerdata تغطي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الكامنة في جوف الأرض وهي المصادر الرئيسية للطاقة المتجددة.

³ على سبيل المثال، فإنه باتباع الأوزان المحددة مسبقاً بناءً على رأي الخبراء، يزن WECTI العوامل البيئية والمتعلقة بالطاقة بدرجة أكبر على الرغم من أنه من غير الواضح ما إذا كانت هذه العوامل هي المحددات الأقوى لتحولات الطاقة. يضع WEFETI أوزاناً متساوية لجميع العوامل، على الرغم من أن الحواجز الاقتصادية قد تكون أكثر أهمية من المحددات الأخرى في بعض الدول. ويتوسع (Greco et al. (2019 في مناقشة نقاط القوة والضعف لهذه النهج.

⁴ للحصول على قائمة أطول بالدراسات ذات الصلة، يرجى الاطلاع على (Sharp and Anctil و Sener و Bourcet (2020) (2018).

⁵ تتوفر تقديرات مختلفة من مؤسسات دولية مختلفة، لكنها تتفق على أن احتياجات الاستثمار غير مسبوقه. على سبيل المثال، تتوقع (IRENA (2019 أن يكون إجمالي احتياجات الاستثمار حوالي 110 تريليون دولار أمريكي لتلبية الأهداف المعلنة بحلول عام 2050. تتوقع منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية والأمم المتحدة ومجموعة البنك الدولي (2018) أن تكون هناك حاجة لاستثمارات سنوية تبلغ 6.9 تريليون دولار أمريكي حتى عام 2030. تشير مؤسسة التمويل الدولية (2019) إلى أن الأسواق الناشئة ستحتاج إلى استثمارات ذكية مناخياً تقدر بحوالي 23 تريليون دولار أمريكي حتى عام 2030. ويقدر مشروع The New Climate Economy ضرورة توفير استثمار بقيمة 90 تريليون دولار أمريكي قبل عام 2030.

⁶ على سبيل المثال، تم إنشاء مؤشر رأس المال البشري للبنك الدولي بناءً على جودة التعليم والصحة والديموغرافيا السكانية في الدول (على سبيل المثال، [Kraay (2018).

⁷ في دراسة حديثة، يناقش (David and Venkatachalam (2018 الموضوعات الرئيسية لنجاح تنفيذ مشاريع الشراكة بين القطاعين العام والخاص عملياً. ويسلطون الضوء على أهمية الجودة المؤسسية في الدول المضيفة.

⁸ يركز مؤشر أداء هندسة الطاقة الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي (2017) على استدامة الطاقة. ويسلط مؤشر مخاطر أمن الطاقة (معهد الطاقة العالمي (2020) الضوء على مخاطر أمن الطاقة. أخيراً، يركز مؤشر الأداء البيئي لمركز بيل للقانون البيئي والسياسة البيئية على الاستدامة البيئية [Wendling et al. (2020).

⁹ طور (Geiger and Frieler (2017) منهجية للتنبؤ بالناتج المحلي الإجمالي لـ 195 دولة من عام 1850 وحتى عام 2018. ولقد قدموا هذه البيانات للباحثين من خلال صفحة معهد بوتسدام للأبحاث تأثير تغير المناخ على الويب: <https://dataservices.gfz-potsdam.de/pik/showshort.php?id=escidoc%3A2313888>.

¹⁰ البيانات السكانية متاحة في الغالب لجميع الدول المشمولة في العينة محل الدراسة. نستخدم متوسط النمو السكاني على مدى السنوات الثلاث الماضية لتضمين الملاحظات المفقودة القليلة جدًا.

¹¹ نستخدم المجموعات الإقليمية العشرين من المواصفات الإقليمية لمنظمة العمل الدولية وهي الدول العربية ومنطقة البحر الكاريبي وأفريقيا الوسطى وأمريكا الوسطى وآسيا الوسطى وشرق إفريقيا وشرق آسيا وأوروبا الشرقية وشمال إفريقيا وأمريكا الشمالية وأوروبا الشمالية وجزر المحيط الهادئ وأمريكا الجنوبية وجنوب شرق آسيا وجنوب إفريقيا وجنوب آسيا وجنوب أوروبا وغرب إفريقيا وغرب آسيا وأوروبا الغربية.

¹² نستخدم القيم المتوقعة مباشرة في التضمين في حالات نادرة تفتقد فيها دولة ما متغيرًا بالكامل

¹³ تسوية البيانات السنوية لكل مجموعة من مجموعات الدخل الأربعة

¹⁴ يوفر Jolliffe (2002) مناقشة أكثر شمولاً لتحليل العنصر الرئيس

¹⁵ يتم من الآن فصاعدًا تطبيق التوحيد القياسي $z(x)$ على جميع المتغيرات المستخدمة في إنشاء المؤشر

¹⁶ وبشكل أكثر تحديدًا، فإن دالة التحويل الخطي المطبقة هي $Y = \frac{x_i - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$

¹⁷ يتم قياس حصة الطاقة المتجددة غير الكهرومائية في توليد الطاقة بوحدة جيجاواط لكل ساعة من إنتاج الكهرباء. لطالما تم استغلال الموارد المائية بشكل كبير لتوليد الكهرباء (Lin and Omoju 2017)، ولها خصائصها الفنية ومتطلباتها من الموارد. وبالتالي، نجد أن لها مجموعة مختلفة من المحددات عن تلك التي تم أخذها في الاعتبار عند إنشاء مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (Burke 2010) (RETPI). بالإضافة إلى ذلك، ترتبط المخاوف الاجتماعية والبيئية بإنتاج الطاقة الكهرومائية (Pfeiffer and Mulder 2013).

¹⁸ جميع القيم الموضحة في الأشكال مرتبطة بالسنة الأولى وهي سنة 1990. وبالتالي، فإن التغيرات في القيم (الزيادة) هي بالمقارنة قيمها في عام 1990.

- Ackah, Ishmael, and Renatas Kizys. 2015. "Green Growth in Oil Producing African Countries: A Panel Data Analysis of Renewable Energy Demand." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50:1157–66. DOI: [10.1016/j.rser.2015.05.030](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.030)
- Aguirre, Mariana, and Gbenga Ibikunle. 2014. "Determinants of Renewable Energy Growth: A Global Sample Analysis." *Energy Policy* 69(C):374–84. DOI: [10.1016/j.enpol.2014.02.036](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.036)
- Ahlborg, Helene, and Linus Hammar. 2014. "Drivers and Barriers to Rural Electrification in Tanzania and Mozambique—Grid-extension, Off-grid, and Renewable Energy Technologies." *Renewable Energy* 61(C):117–24. DOI: [10.1016/j.renene.2012.09.057](https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.09.057)
- Aker, Jenny C., and Isaac M. Mbiti. 2010. "Mobile Phones and Economic Development in Africa." *Journal of Economic Perspectives* 24(3):207–32. DOI: [10.1257/jep.24.3.207](https://doi.org/10.1257/jep.24.3.207)
- Anton, Sorin Gabriel, and Anca Elena Afloarei Nucu. 2020. "The Effect of Financial Development on Renewable Energy Consumption. A Panel Data Approach." *Renewable Energy* 147(P1):330–8. DOI: [10.1016/j.renene.2019.09.005](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.005)
- Apergis, Nicholas, and Sofia Eleftheriou. 2015. "Renewable Energy Consumption, Political and Institutional Factors: Evidence from a Group of European, Asian and Latin American Countries." *Singapore Economic Review* 60(1):119. DOI: [10.1142/S0217590815500083](https://doi.org/10.1142/S0217590815500083)
- Arora, Suchit. 2002. "Health, Human Productivity, and Long-Term Economic Growth." *The Journal of Economic History* 61:699–749.
- Baldwin, Elizabeth, Sanya Carley, Jennifer N. Brass, and Lauren M. MacLean. 2017. "Global Renewable Electricity Policy: A Comparative Policy Analysis of Countries by Income Status." *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice* 19:3:277–98. DOI: [10.1080/13876988.2016.1166866](https://doi.org/10.1080/13876988.2016.1166866)
- Bayulgen, Oksan, and Jeffrey W. Ladewig. 2017. "Vetoing the Future: Political Constraints and Renewable Energy." *Environmental Politics* 26(1):49–70. DOI: [10.1080/09644016.2016.1223189](https://doi.org/10.1080/09644016.2016.1223189)
- Best, Rohan. 2017. "Switching Towards Coal or Renewable Energy? The Effects of Financial Capital on Energy Transitions." *Energy Economics* 63(C):75–83. DOI: [10.1016/j.eneco.2017.01.019](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.019)
- Bhatia, Mikul, and Nicolina Angelou. 2014. "Capturing the Multi-Dimensionality of Energy Access." World Bank Other Operational Studies 18677, The World Bank.
- Bourcet, Clemence. 2020. "Empirical Determinants of Renewable Energy Deployment: A Systematic Literature Review." *Energy Economics* 85(C): 104563. DOI: [10.1016/j.eneco.2019.104563](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104563)
- Brunnschweiler, Christa N. 2010. "Finance for Renewable Energy: An Empirical Analysis of Developing and Transition Economies." *Environment and Development Economics* 15(3):241–74. DOI: [10.1017/S1355770X1000001X](https://doi.org/10.1017/S1355770X1000001X)
- Carley, Sanya, Elizabeth Baldwin, Lauren M. MacLean, and Jennifer N. Brass. 2017. "Global Expansion of Renewable Energy Generation: An Analysis of Policy Instruments." *Environmental and Resource Economics* 68(2):397–440. DOI: [10.1007/s10640-016-0025-3](https://doi.org/10.1007/s10640-016-0025-3)
- Caruso, Giulia, Emiliano Colantonio, and Stefano Antonio Gattone. 2020. "Relationships Between Renewable Energy Consumption, Social Factors, and Health: A Panel Vector Auto Regression Analysis of a Cluster of 12 EU Countries." *Sustainability* 12(7):2915. DOI: [10.3390/su12072915](https://doi.org/10.3390/su12072915)
- Climate Transparency. 2019. *Brown to Green: The G20 Transition Towards a Net-zero Emissions Economy*. Berlin: Climate Transparency.
- Darmani, Anna, Niklas Arvidsson, Antonio Hidalgo, and Jose Albers. 2014. "What Drives the Development of Renewable Energy Technologies? Toward a Typology for the Systemic Drivers." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38(C):834–47. DOI: [10.1016/j.rser.2014.07.023](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.023)
- David, Dharish, and Anbumozhi Venkatachalam. 2018. "A Comparative Study on the Role of Public–Private Partnerships and Green Investment Banks in Boosting Low-Carbon Investments." In *Handbook of Green Finance, Energy Security and Sustainable Development*, edited by Jeffrey Sachs, Wing Thye Woo, Naoyuki Yoshino, and Farhad Taghizadeh-Hesary. Singapore: Springer Singapore.

- Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) 2014. "A New Multi-Tier Approach to Measuring Energy Access." Energy Sector Management Assistance Program, World Bank.
- Estiri, Hossein, and Emilio Zagheni. 2019. "Age Matters: Ageing and Household Energy Demand in the United States." *Energy Research & Social Science* 55:62–70. DOI: [10.1016/j.erss.2019.05.006](https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.006)
- Geiger, Tobias, and Katja Frieler. 2017. "Continuous National Gross Domestic Product (GDP) Time Series for 195 Countries: Past Observations (1850-2005) Harmonized with Future Projections According the Shared Socio-economic Pathways (2006-2100)." GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/pik.2017.003>.
- Glemarec, Yannick. 2012. "Financing Off-grid Sustainable Energy Access for the Poor." *Energy Policy* 47(S1):87–93. DOI: [10.1016/j.enpol.2012.03.032](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.032)
- Global Energy Institute. 2020. *International Index of Energy Security Risk: Assessing Risk in a Global Energy Market*. Washington, D.C.: U.S. Chamber of Commerce. <https://www.globalenergyinstitute.org/energy-security-risk-index>.
- Greco, Salvatore, Alessio Ishizaka, Menelaos Tasiou, and Gianpiero Torrisi. 2019. "On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness." *Social Indicators Research* 141(1):61–94. DOI: [10.1007/s11205-017-1832-9](https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9)
- Haanyika, Charles M. 2008. "Rural Electrification in Zambia: A Policy and Institutional Analysis." *Energy Policy* 36(3):1044–58. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.10.031>.
- Harper, Sarah. 2013. "Population–Environment Interactions: European Migration, Population Composition and Climate Change." *Environmental and Resource Economics* 55(4):525–41. DOI: [10.1007/s10640-013-9677-4](https://doi.org/10.1007/s10640-013-9677-4)
- Huang, Ming-Yuan, Janaki R. R. Alavalapati, Douglas R. Carter, and Matthew H. Langholtz. 2007. "Is the Choice of Renewable Portfolio Standards Random?" *Energy Policy* 35(11):5571–5. DOI: [10.1016/j.enpol.2007.06.010](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.06.010)
- International Energy Agency (IEA). 2016. "Energy and Air Pollution: World Energy Outlook, Special Report." ———. 2020. "Defining Energy Access: 2020 Methodology." <https://www.iea.org/articles/defining-energy-access-2020-methodology>.
- International Finance Corporation (IFC). 2019. "Climate Investment Opportunities in Emerging Markets: An IFC Analysis."
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2016. "Accelerating Off-Grid Renewable Energy: International Off-grid Renewable Energy Conference 2016, Key Findings and Recommendations." Abu Dhabi: IRENA.
- . 2019. "Transforming the Energy System – and Holding the Line on Rising Global Temperatures."
- Jolliffe, Ian T. 2002. *Principal Component Analysis, 2nd Edition*. New York: Springer-Verlag.
- Kim, Young Eun, and Norman Loayza. 2019. "Productivity Growth: Patterns and Determinants across the World." Policy Research Working Paper Series 8852, The World Bank.
- Kraay, Aart C. 2018. "Methodology for a World Bank Human Capital Index." Policy Research Working Paper Series 8593, The World Bank.
- Lin, Boqiang, and Oluwasola E. Omoju. 2017. "Focusing on the Right Targets: Economic Factors Driving Non-hydro Renewable Energy Transition." *Renewable Energy* 113(C):52–63. DOI: [10.1016/j.renene.2017.05.067](https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.067)
- Marques, Antonio C., and Jose A. Fuinhas. 2011a. "Drivers Promoting Renewable Energy: A Dynamic Panel Approach." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(3):1601–8. DOI: [10.1016/j.rser.2010.11.048](https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.048)
- . 2011b. "Do Energy Efficiency Measures Promote the Use of Renewable Sources?" *Environmental Science Policy* 14(4):471–81. DOI: [10.1016/j.envsci.2011.02.001](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.02.001)
- . 2012. "Are Public Policies Towards Renewables Successful? Evidence from European Countries." *Renewable Energy* 44(C):109–18. DOI: [10.1016/j.renene.2012.01.007](https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.007)
- Marques, Antonio C., Jose A. Fuinhas, and J. R. Pires Manso. 2010. "Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach." *Energy Policy* 38(11):6877–85. DOI: [10.1016/j.enpol.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.003)

- Murphy, James T. 2001. "Making the Energy Transition in Rural East Africa: Is Leapfrogging an Alternative?" *Technological Forecasting and Social Change* 68(2):173–93. DOI: [10.1016/S0040-1625\(99\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(99)00091-8).
- Narula, Kapil, and B. Sudhakara Reddy. 2015. "Three Blind Men and an Elephant: The Case of Energy Indices to Measure Energy Security and Energy Sustainability." *Energy* 80(C):148–58. DOI: [10.1016/j.energy.2014.11.055](https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.11.055)
- OECD, United Nations, and the World Bank Group. 2018. *Financing Climate Futures: Rethinking Infrastructure*. Paris: OECD Publishing.
- Pfeiffer, Birte, and Peter Mulder. 2013. "Explaining the Diffusion of Renewable Energy Technology in Developing Countries." *Energy Economics* 40(C):285–96. DOI: [10.1016/j.eneco.2013.07.005](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.005)
- Przychodzen, Wojciech, and Justyna Przychodzen. 2020. "Determinants of Renewable Energy Production in Transition Economies: A Panel Data Approach." *Energy* 191(C):116583. DOI: [10.1016/j.energy.2019.116583](https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116583)
- Romano, Antonio A., Giuseppe Scandurra, Alfonso Carfora, and Mate Fodor. 2017. "Renewable Investments: The Impact of Green Policies in Developing and Developed Countries." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68(P1):738–47. DOI: [10.1016/j.rser.2016.10.024](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.024)
- Sadorsky, Perry. 2009a. "Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Oil Prices in the G7 Countries." *Energy Economics* 31(3):456–62. DOI: [10.1016/j.eneco.2008.12.010](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.12.010)
- . 2009b. "Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies." *Energy Policy* 37(10):4021–28. DOI: [10.1016/j.enpol.2009.05.003](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003)
- . 2010. "The Impact of Financial Development on Energy Consumption in Emerging Economies." *Energy Policy* 38(5):2528–35. DOI: [10.1016/j.enpol.2009.12.048](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.048)
- Sener, Serife Elif Can, Julia L. Sharp, and Annick Anttil. 2018. "Factors Impacting Diverging Paths of Renewable Energy: A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81(P2):2335–42. DOI: [10.1016/j.rser.2017.06.042](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.042)
- Seuret-Jimenez, Diego, Tiare Robles-Bonilla, and Karla G. Cedano. 2020. "Measurement of Energy Access Using Fuzzy Logic." *Energies* 13(12):3266. DOI: [10.3390/en13123266](https://doi.org/10.3390/en13123266)
- Singh, Harsh Vijay, Roberto Bocca, Pedro Gomez, Steve Dahlke, and Morgan Bazilian. 2019. "The Energy Transitions Index: An Analytic Framework for Understanding the Evolving Global Energy System." *Energy Strategy Reviews* 26:100382. DOI: [10.1016/j.esr.2019.100382](https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100382)
- Sokona, Youba, Yacob Mulugetta, and Haruna Gujba. 2012. "Widening Energy Access in Africa: Towards Energy Transition." *Energy Policy* 47(S1), 3–10. DOI: [10.1016/j.enpol.2012.03.040](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.040)
- The New Climate Economy. 2016. *The Sustainable Infrastructure Imperative: Financing for Better Growth and Development*. Washington, D.C.: The New Climate Economy.
- Vainio, Annukka, Vilja Varho, Petri Tapio, Anna Pulkka, and Riikka Paloniemi. 2019. "Citizens' Images of a Sustainable Energy Transition." *Energy* 183(C):606–16. DOI: [10.1016/j.energy.2019.06.134](https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.134)
- Wendling, Zachary A., John W. Emerson, Alex de Sherbinin, and Daniel C. Esty. 2020. *Environmental Performance Index*. New Haven, Conn.: Yale Center for Environmental Law and Policy. <https://epi.yale.edu/>.
- World Economic Forum. 2017. "Global Energy Architecture Performance Index Report."
- World Energy Council. 2020. "World Energy Trilemma Index." <https://trilemma.worldenergy.org/>.
- World Health Organization (WHO). 2018. "Health and Energy Linkages – Maximizing Health Benefits from the Sustainable Energy Transition." United Nations Policy Brief #10.
- Wu, Lichao, and David C. Broadstock. 2015. "Does Economic, Financial and Institutional Development Matter for Renewable Energy Consumption? Evidence from Emerging Economies." *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies* 8(1):20–39. DOI: [10.1504/IJEPEE.2015.068246](https://doi.org/10.1504/IJEPEE.2015.068246)
- Yadava, Ram Nayan, and Bhaskar Sinha. 2019. "Developing Energy Access Index for Measuring Energy Poverty in Forest Fringe Villages of Madhya Pradesh, India." *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 31:167–78.

Yilmaz, Fatih, Nawaz Peerbocus, Rishikesh Ram Bhandary, Fang Zang, Kelly Sims Gallagher, Venkatachalam Anbumozhi, and Kaliappa Kalirajan. 2020. "Financing Energy Efficiency of Buildings: Green Instruments and Policy Guidance." Policy Brief, Task Force 2: Climate Change and Environment, contributed to the T20 Communiqué, G20 Saudi Arabia.

Zeb, Raheel, Laleena Salar, Usama Awan, Khalid Zaman, and Muhammad Shahbaz. 2014. "Causal Links Between Renewable Energy, Environmental Degradation and Economic Growth in Selected SAARC Countries: Progress Towards Green Economy." *Renewable Energy* 71(C):123–32. DOI: 10.1016/j.renene.2014.05.012

Zhao, Yong, Kam Ki Tang, and Li-li Wang. 2013. "Do Renewable Electricity Policies Promote Renewable Electricity Generation? Evidence from Panel Data." *Energy Policy* 62(C):887–97. DOI: [10.1016/j.enpol.2013.07.072](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.072)

نبذة عن الباحث

الدكتور فاتح يلماز

باحث مشارك أول في برنامج تحويلات الطاقة والطاقة الكهربائية. تهدف خطة بحثه الحالية إلى تعزيز فهمنا للعواقب المالية والاقتصادية لتحويلات الطاقة العالمية ، وتصميم السياسات الفعالة لموازنة المخاطر المالية وتوقعات النمو.



كان الدكتور فاتح قبل انضمامه لكابسارك خبيراً اقتصادياً في قسم البحوث الاقتصادية الهيكلية في البنك المركزي لجمهورية تركيا، حيث شارك في إجراء البحوث وتصميم السياسات للقطاعين الحقيقي والمالي. كما عمل مستشاراً للبنك الدولي وأستاذاً مساعداً في الاقتصاد بجامعة ADA لعام واحد. أَلَّف العديد من المقالات الأكاديمية والمقالات التي تدور حول السياسات بالإضافة إلى أنه شارك في تنظيم المؤتمرات وورش العمل. حاصل على درجة الدكتوراه في الاقتصاد من جامعة كالجاري .

نبذة عن المشروع

تأتي تحولات الطاقة نحو أنظمة أكثر استدامة على رأس جدول أعمال السياسات في العديد من الدول. وعلى الرغم من الجهود المنسقة دولياً (مثل اتفاقية باريس)، تظهر البيانات اتباع الدول لمسارات تحول مختلفة، مع اتباع بعض الاقتصادات المتقدمة لمسارات تحول سريع نسبياً وتأخر العديد من الدول النامية. ولقد برز التمويل كمحرك رئيسي للعملية، من بين عدة عوامل مثل إجراءات السياسة والتقدم التكنولوجي. وهناك حاجة غير مسبوقة للاستثمار في البنية التحتية وكفاءة الطاقة وعمليات البحث في تقنيات التخفيف وتطويرها. يهدف هذا المشروع إلى دراسة ديناميكيات تحولات الطاقة مع التركيز بشكل أساسي على دور التمويل المستدام.

ويتألف المشروع من خمسة أجزاء حيث يبحث الجزء الأول في العوامل المحددة الرئيسة لتحولات الطاقة مع التركيز على الطاقة المتجددة، إذ إنها كانت خيار التخفيف الأكثر تطبيقاً في العالم. وينشئ هذا المشروع مؤشراً مركباً وهو مؤشر إمكانية التحول إلى الطاقة المتجددة (RETPI) لقياس إمكانات تحول الدول إلى الطاقة المتجددة بصورة أفضل. ويركز الجزءان الثاني والثالث على أدوات التمويل المستدامة المتوفرة حالياً وفعاليتها من حيث تمكين تحولات الطاقة. يحاول الجزءان الأخيران استيعاب مفهوم الأصول العالقة والمخاطر المرتبطة بها. كما يقدمان تقديرات حول الحجم الممكن للأصول العالقة ومناقشة حول استراتيجيات التخفيف.

ستعمل مخرجات هذا المشروع على تحسين فهم ديناميكيات تحولات الطاقة من حيث إدارة العملية وتخفيف المخاطر المرتبطة بها. وسوف تساهم نتائج المشروع بشكل كبير في المؤلفات الأكاديمية والمناقشات حول السياسة. والأهم من ذلك، أنها سوف تساهم مباشرة في تشكيل الطموحات العظيمة للمملكة العربية السعودية من أجل اقتصاد أكثر حيوية وتنوعاً، على النحو الموضح في رؤية السعودية 2030.



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

www.kapsarc.org