

# كيف يمكن تخفيف الانبعثات من قطاع النقل السعودي؟ دور حوكمة أسعار الطاقة

سعد شناق وجيهن ميكيلوف وروبال دووا

## عن كابسارك

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

## إشعار قانوني

© حقوق النشر 2022 محفوظة لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبه 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.

تتناول هذه الدراسة الدوافع الرئيسية لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO2) في قطاع النقل السعودي على ضوء إستراتيجية إصلاح أسعار الطاقة الأخيرة في المملكة العربية السعودية، استخدمنا فيها مجموعة من تقنيات الاقتصاد القياسي لتحليل العلاقات بعيدة المدى ما بين الدخل، وأسعار الوقود، وحصص الطاقة، والسكان، وإجمالي انبعاثات الكربون في قطاع النقل.

تبين النتائج التي توصلت إليها الدراسة وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين الدوافع المدروسة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل. وتعد القيم العددية - أي أوجه المرونة - من أدوات التقدير المختلفة شديدة التقارب من بعضها البعض، مما يدل على دقة هذه النتائج. أما من الناحية العددية، فإن تقديرات مرونة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون فيما يتعلق بالأسعار والدخل وحصص الطاقة والسكان، تقع ضمن الفاصل الزمني: (-0.15، -0.12)، (0.17، 0.40)، (-0.79، -0.36)، (1.08، 1.56)، على التوالي.

كما تخلص الدراسة إلى أن الحوكمة المستمرة للأسعار وسياسات تحسين الكفاءة قد تؤدي إلى خفض معدل النمو السنوي لانبعاثات قطاع النقل في البلاد من 7٪ إلى 3٪ بحلول عام 2030.

كذلك من المتوقع بناءً على الافتراضات المطبقة، أن تبلغ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع النقل في عام 2030 قرابة 184 مليون طن.

عام 2015، حيث بلغت انبعاثات الوقود 146.94 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (MtCO<sub>2</sub>e)، قبل أن تتراجع في عام 2017 إلى 142.9 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (الشكل 1). بينما قُدر إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في البلاد في عام 2017، بنحو 656.31 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، منها 36٪ من عمليات توليد الكهرباء و22٪ من قطاع النقل و19٪ من قطاع التصنيع والبناء (WRI 2020) (الشكل 2).

والجدير بالذكر أن المملكة العربية السعودية اتخذت خطوات كبيرة في سياق مساعيها الرامية إلى خفض الانبعاثات وترشيد الطلب على الطاقة، إذ نجد أن المملكة نفذت منذ عام 2015 - على سبيل المثال - إصلاحاً لأسعار الطاقة المحلية (EPR) وإصلاحاً مالياً في إطار برنامج التوازن المالي لرؤية السعودية (SV2030 2019)، وتهدف إصلاحات أسعار الطاقة إلى جعل استهلاك الطاقة أكثر استدامة، وزيادة الإيرادات الحكومية من خلال رفع أسعار الطاقة (SV2030 2019). قامت الحكومة السعودية برفع أسعار الوقود تدريجياً، ويشمل ذلك البنزين ذي نسبة أوكتان "91" الذي ارتفع سعره من 0.375 ريال سعودي للتر (ما يعادل 0.38 دولار للجالون) في عام 2014، إلى 0.45 ريال سعودي للتر (ما يعادل 0.45 دولار للجالون) في عام 2015، ومن ثم إلى 0.75 ريال سعودي للتر (ما يعادل 0.76 دولار للجالون) في عام 2016، وبعد ذلك إلى 1.37 ريال سعودي للتر (ما يعادل 1.38 دولار للجالون) في عام 2018 (Sheldon and Dua 2021)، ثم بلغ 1.99 ريال سعودي للتر (ما يعادل 2.00 دولار للجالون) في عام 2021. ونجد أن هذه السياسات كان لها تأثير بالغ ومن عدة نواحٍ على العديد من القطاعات، بما فيها تأثيرها على قطاع النقل. فعلى سبيل المثال، تأثرت مبيعات المركبات خلال الفترة التي أعقبت تنفيذ إصلاحات أسعار الطاقة (OPEC 2018)، وقد كانت مبيعات المركبات في المملكة العربية السعودية مستقرة تقريباً في الفترة ما بين عام 2005 وعام 2008 (540,000 مركبة)، إلا أنها تراجعت بنحو طفيف في عام 2009 إلى 520,000 مركبة. ثم

يعد تحليل القوى الدافعة لانبعاثات الكربون في قطاع النقل في المملكة العربية السعودية أمراً بالغ الأهمية نظراً لأهميته بالنسبة للاقتصاد. فضلاً عن أن ثلث إجمالي استهلاك الطاقة العالمي هو من قطاع النقل، مما يجعل هذا القطاع ثاني أكبر مستهلك للطاقة بعد قطاع الصناعة (EIA 2020). كما نجد وفقاً لإحصاءات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA)، أن متوسط الطلب على الطاقة من قطاع النقل قد شهد زيادة سنوية بلغت 2.8٪ في الفترة من عام 1999 إلى عام 2020 (EIA 2020). إلا أن نمو قطاع النقل في المملكة العربية السعودية يتماشى مع الاتجاه العالمي، وكان مدفوعاً بالنمو السكاني، والتوسع الحضري، والإيرادات، وتملك السيارات (Aldalbah and Walker 2016).

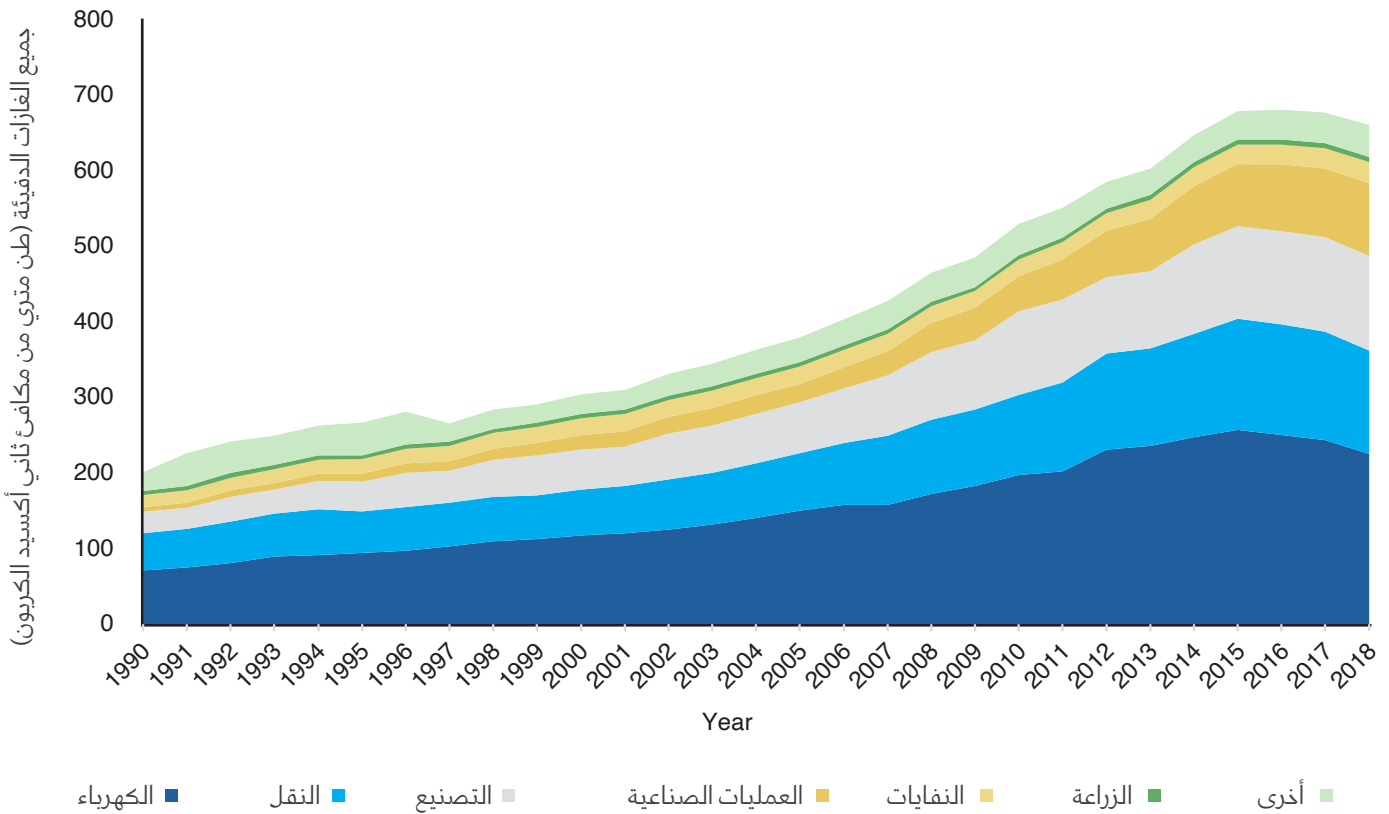
كشفت دراسة للطلب على وقود النقل في المملكة العربية السعودية عن تزايد وتيرة استهلاكه في الفترة ما بين عامي 2000 و2018 (IEA 2020)، ولعل أحد العوامل المساهمة في ذلك ارتفاع معدل النمو الاقتصادي الذي شهدته البلاد خلال تلك الفترة. كذلك ارتفعت وتيرة الطلب في المملكة على البنزين والديزل لاستخدامهما في قطاع النقل بمعدل سنوي تراوح ما بين 4.7٪ و4.6٪ على التوالي في الفترة ما بين عامي 2000 و2018 (IEA 2020). أما فيما يتعلق بعام 2000، فقد بلغ الطلب على البنزين وحده 10.9 مليون طن من مكافئ النفط، بينما ارتفع إجمالي الطلب على البنزين في عام 2018 حوالي 26.1 مليون طن من مكافئ النفط (IEA 2020). وبالمثل، شهد الطلب على الديزل في قطاع النقل ارتفاعاً من 8.8 مليون طن من مكافئ النفط في عام 2000 إلى 20.9 مليون طن من مكافئ النفط في عام 2018 (IEA 2020)، فيما بلغ متوسط نمو الطلب على الكيروسين لاستخدامه لأغراض النقل 1.8٪ في الفترة ما بين عامي 2000 و2018 (IEA 2020).

كما ارتفعت الغازات الدفيئة المصاحبة في المملكة العربية السعودية خلال الفترة ما بين عامي 2000 و2015 في عدة قطاعات، بما فيها قطاع النقل (الشكل 1). فضلاً عن تغير الاتجاه المتنامي للانبعاثات في بداية

استمر هذا التراجع حتى وقت إعداد هذه الدراسة. ويمكن تفسير ذلك بانخفاض معدل النمو السكاني الذي شهدته البلاد مقارنة بمعدل عام 2015. علاوة على ذلك، فإن سلوك المستهلكين قد يتغير أيضًا، مع احتمال احتفاظ مالكي المركبات بمركباتهم لفترات زمنية أطول.

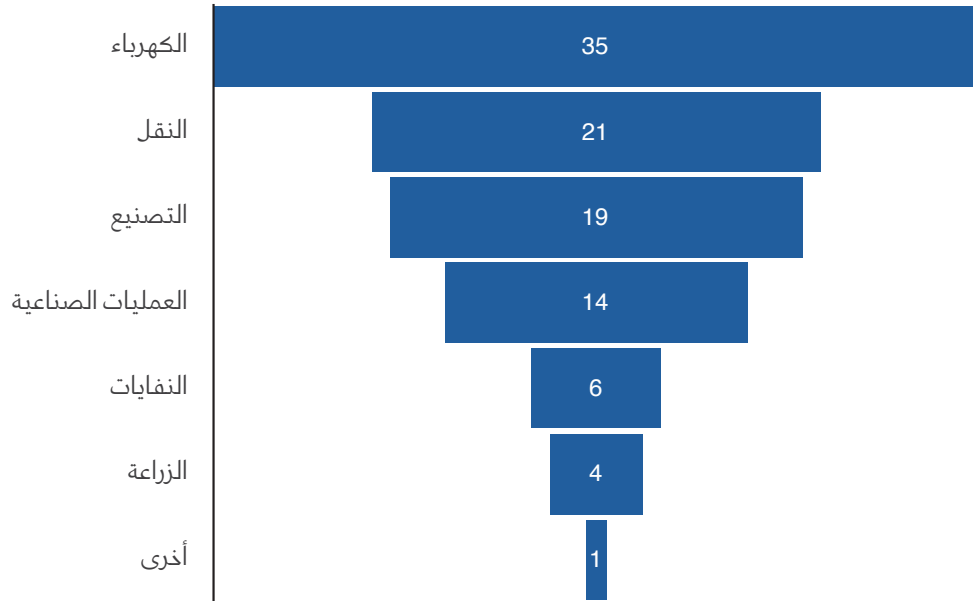
انتعشت وبدأت في الارتفاع تدريجياً حتى عام 2015 عندما وصلت إلى 828,200 مركبة. أما في عام 2016، وبعد أن بدأت أسعار البنزين في الارتفاع، فقد انخفضت مبيعات المركبات المسجلة إلى 655,500 مركبة، واستمرت في التراجع حتى عام 2018، عندما سجلت هذه المبيعات 403,857 مركبة (CEIC Data 2021). وقد

**الشكل 1.** انبعاثات الغازات الدفيئة (طن متري من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) لمختلف القطاعات في المملكة العربية السعودية (1990-2018).



المصدر: WRI (2020).

الشكل 2. النسبة المئوية لحصة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية وفقا للقطاع في عام 2018.

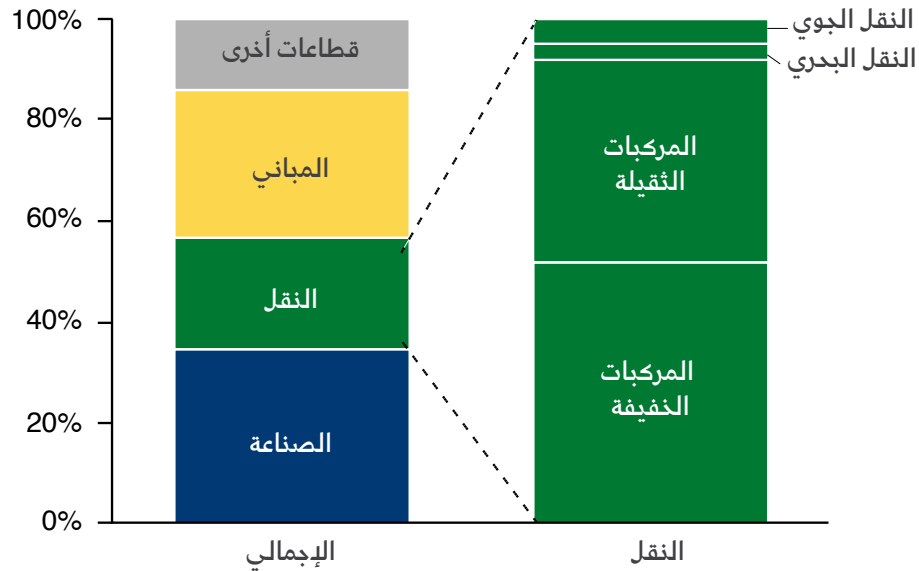


المصدر: (WRI (2020).

أيضا تم إطلاق برامج تثقيفية وتوعوية إضافية لتوعية مالكي المركبات بشأن كفاءة استخدام وقود المحركات من خلال وضع ملصقات كفاءة استخدام الوقود الإلزامية (SEEC 2018)، فضلا عن وضع إجراءات صارمة لضمان توافق السيارات المستعملة المستوردة مع الحد الأدنى لمعايير أداء الطاقة في المملكة العربية السعودية. ومن المتوقع أن يؤدي هذا البرنامج إلى خفض استهلاك الوقود بنسبة 3 % في المتوسط (SEEC 2017). كذلك أطلقت الحكومة السعودية العديد من معايير كفاءة استخدام الطاقة التي تستهدف المركبات الثقيلة التي من ضمنها برنامج تحسين كفاءة استخدام الوقود، ووضع بطاقات كفاءة استخدام الوقود، ومبادرة مقاومة دوران الإطارات والتماسك على الأسطح الرطبة التي أطلقها البرنامج السعودي لكفاءة الطاقة في عام 2014 وتم تطبيقها في نوفمبر 2019. كما تم في عام 2019، إطلاق مبادرة الديناميكية الهوائية للمركبات الثقيلة. ومن المتوقع أن توفر هذه المبادرة الوقود بنسبة تتراوح ما بين 5 % إلى 9 % (Howarth et al. 2020).

كذلك نجد أن المملكة العربية السعودية تبنت تدخلا آخر من تدخلات السياسة تمثل في تحسين معايير الاقتصاد في استهلاك الوقود من خلال تحديد أهداف اقتصاد الأسطول في الوقود بناء على المعدل المرجح لمبيعات الشركة المصنعة. وطبقت الحكومة السعودية في عام 2016، معايير متوسط الاقتصاد في استهلاك الوقود بالنسبة للمركبات الخفيفة «CAFE» (المكافئة لمعايير الولايات المتحدة الأمريكية لعام 2012) لوضع معايير لاستهلاك الوقود في المحركات الخفيفة، وتحديد مسافة السفر المثلّي لاستهلاك كل لتر من الوقود (لتر البنزين لكل مسافة يتم قطعها بالكيلومترات). مما أدى إلى تحسن بنسبة 10 % في الاقتصاد في استهلاك الوقود للأسطول الجديد (Howarth et al. 2020). كما تجدر الإشارة إلى أن معظم استهلاك الطاقة في قطاع النقل السعودي مدفوع بالمركبات الخفيفة والثقيلة، فالمركبات الخفيفة تمثل 52 % من أسطول المركبات في الدولة، بينما تمثل المركبات الثقيلة 40 % منه (IEF, 2021) (الشكل 3).

الشكل 3. استهلاك الطاقة في قطاع النقل السعودي.



المصدر: IEF (2021).

ملاحظات: LDV = المركبات الخفيفة وتشمل سيارات السيدان وسيارات الاستخدام الرياضية (SUVs) والشاحنات الصغيرة وأي مركبات طرق أخرى يقل وزنها عن 3500 كجم (كجم)، HDV = المركبات الثقيلة (وتسمى أيضًا المركبات التجارية، ويقصد بذلك الشاحنات والحافلات ومركبات الطرق الأخرى التي يزيد وزنها عن 3500 كجم).

في هذا البحث الدوافع الرئيسية التي تؤثر على هذه الانبعاثات في قطاع النقل السعودي، ونستكشف على وجه الخصوص، تأثير الدخل وأسعار الوقود وخصبة الطاقة والنمو السكاني. وقد استخدمنا في هذه الدراسة تقنيات مختلفة لتقديرات الاقتصاد القياسي من أجل دراسة العلاقات بعيدة المدى بين المتغيرات. كذلك تهدف هذه الدراسة إلى التنبؤ بشأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع النقل باستخدام نماذج مقدرة لخيارات السياسات المختلفة.

على الرغم من أن تحليل الطلب على الطاقة عبر القطاعات هو أحد المجالات التي تحظى بالاهتمام البحثي المتنامي بين مجموعة واسعة من صانعي السياسات، إلا أن قلة من البحوث تتناول الغازات الدفيئة المصاحبة لوقود النقل في الدول النامية مثل المملكة العربية السعودية. ومن ثم، فإن دراسة العوامل الدافعة لانبعاثات الوقود من قطاع النقل السعودي تعد بمثابة خطوة بالغة الأهمية للمضي قدماً في سياق المساعدة على التحكم في الانبعاثات الكربونية. لذا، فإننا نتناول

بتقسيم السكان إلى أربع فئات عمرية، وخلص إلى أن للانبعاثات الكربونية الناجمة عن النقل تأثير إيجابي على الفئة العمرية التي تتراوح ما بين 20 - 34 عاما، في حين تبين أن لمعامل الفئات العمرية الأخرى تأثير سلبي. كما أجرى (Melo 2016) دراسة باستخدام البيانات المكانية وغير المكانية لتحليل العلاقة السببية بين العوامل التي يقودها الطلب، وتلك التي يدفعها العرض والانبعاثات الكربونية الناجمة عن قطاع النقل البري. وقدم المؤلف عشرة "10" عوامل مؤثرة، مثل التوسع الحضري، وملكية المركبات، ومستويات الدخل، وتوصل إلى وجود علاقة بعيدة الأمد بين المتغيرات. كذلك أجرى (Hasan et al. 2019) دراسة لتحديد العوامل الرئيسية الدافعة لانبعاثات سيارات الركاب في نيوزيلندا، وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة سببية كبيرة بين الاقتصاد في استهلاك الوقود وانبعاثات المركبات.

كما تناول (Mikayilov et al. 2017) تأثير استهلاك الطاقة والدخل والسكان على التلوث في قطاع النقل في أذربيجان، وتوصلوا إلى أن كل المتغيرات المستخدمة لها تأثير إيجابي وذو دلالة إحصائية على التلوث، وأن السكان هم العامل الأكثر تأثيراً. فيما تناول (Alkhatlan and Javid 2015) بالبحث تأثير استهلاك زيت النقل والدخل على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن قطاع النقل: ولعل هذه الدراسة الوحيدة التي نعلم أنها بحثت في الانبعاثات المتعلقة بقطاع النقل في المملكة العربية السعودية، وقد توصلت هذه الدراسة باستخدام نهج نمذجة السلاسل الزمنية الهيكلية - الذي يتيح اكتشاف جوانب مختلفة من العلاقات - إلى أن تأثير استهلاك النفط في قطاع النقل على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون يعد تأثيراً إيجابياً ومرناً. كما توصلوا إلى وجود تأثير إيجابي متزايد ومطرود للدخل على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن قطاع النقل. وتوصلوا أيضاً إلى أن اتجاه انبعاثات ثاني أكسيد الكربون قد انخفض منذ عام 1995. وتبين هذه النتيجة أن قطاع النقل السعودي استخدم منذ تسعينيات القرن الماضي عدداً أقل من المركبات كثيفة الانبعاثات، مما أدى بدوره إلى خفض حجم التلوث الكلي الناجم عن وسائل النقل. وتعد دراسة الباحثين (Alkhatlan

نستعرض في هذا القسم الدراسات ذات الصلة بهدفنا البحثي، ونستخدم نماذج الاقتصاد القياسي لتحليل العوامل المؤثرة على انبعاثات الوقود في قطاع النقل.

يمكن أن تكون نماذج الاقتصاد القياسي فعالة في تحليل المتغيرات والعلاقات باستخدام بيانات السلاسل الزمنية. فعلى سبيل المثال، تناول (Wei et al. 2013) الانبعاثات الكربونية على طرق الصين باستخدام طريقة عامل التحلل، وخلصت دراستهم إلى وجود علاقة بعيدة الأمد ما بين هيكل حركة المرور والانبعاثات الكربونية في الفترة من عام 1989 إلى عام 2008، كما أكدوا أيضاً وجود علاقة تفاعلية ديناميكية بين المتغيرات المدروسة خلال نفس الفترة. بينما قام الباحثان (Fengyan and Lei 2015) بدراسة تأثير مؤشر فيشر "Fisher" المعمم متعدد المتغيرات على الانبعاثات الكربونية في قطاع النقل الصيني في بكين باستخدام بيانات السلاسل الزمنية للفترة ما بين 1995 - 2012، وبينت النتائج التي توصلوا إليها أن لمؤشر فيشر، وتحديدًا الخاص بالنمو الاقتصادي، وكثافة الطاقة، والسكان تأثيراً إيجابياً على الانبعاثات الكربونية، فيما تؤثر كثافة النقل وهيكل الطاقة تأثيراً سلبياً على الانبعاثات الكربونية. كذلك درس الباحثان (Liu and Cirillo 2016) انبعاثات السيارات الخاصة في العاصمة الأمريكية واشنطن، وقسمت هذه الدراسة (السيارات الخاصة) إلى 1,182 سيارة من الدرجة الأولى، وعدد 852 سيارة من الدرجة الثانية، و257 سيارة من الدرجة الثالثة (المركبات العائلية الأساسية والثانوية والثالثة). وتمت مراعاة عوامل إضافية في التحليل مثل العدد الإجمالي للسيارات، ووضع التشغيل لكل سيارة، ومتوسط المسافة المقطوعة، ومستوى انبعاثات الغازات الدفيئة المصاحبة. وقد بينت النتائج التي توصلوا إليها أن متوسط انبعاثات الغازات الدفيئة بلغ 5.15 طنًا سنويًا، وأدى تطبيق ضريبة الوقود إلى حدوث أكبر تراجع في معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة. كما تناول (Liddle 2011) تأثير انبعاثات الكربون من قطاع النقل في "22" دولة من دول منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية في الفترة من عام 1960 إلى عام 2007 باستخدام إطار التأثيرات العشوائية للانحدار على السكان والرفاهية والتكنولوجيا (STIRPAT)، حيث قام المؤلف



الذي قد يتسبب في حدوث بعض مشكلات في التقدير، كما تمت مناقشته في القسم الثالث (3). ثالثاً، لم يقيم الباحثان بالتنبؤ. إلا أنه يمكننا القول بصفة عامة، أن هذه الدراسة تسهم في المؤلفات الموجودة من خلال دراسة دوافع انبعاثات قطاع النقل السعودي. كذلك تبين مراجعة المؤلفات أنه لم تقدم أي دراسة تنبؤات بشأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل السعودي. لذلك، تتطرق هذه الدراسة إلى هذه الفجوة في المؤلفات، وتناقش استناداً على النتائج خيارات تحقيق الاستدامة في قطاع النقل السعودي.

and Javid<sup>1</sup> (2015) دراسة قيمة تقدم إسهامات كبيرة للمؤلفات المتعلقة باقتصاديات البيئة والطاقة، لا سيما بالتزامن مع تطبيقها في المملكة العربية السعودية. غير أنه توجد بعض الفوارق الدقيقة التي يتعين دراستها بعناية بالإضافة إلى عمل هذين الباحثين. أولاً، تنتهي فترة الدراسة في عام 2013، الأمر الذي لا يتيح لنا معرفة آثار إصلاحات أسعار الطاقة الأخيرة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع النقل. ثانياً، استخدم الباحثان إجمالي استهلاك النفط في قطاع النقل بوصفه أحد العوامل المحركة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، الأمر

يستند اختيار المحركات المحتملة لانبعاثات الكربون الناجمة عن قطاع النقل إلى المؤلفات ذات الصلة، وكان الدخل والسكان من أكثر المحركات استخدامًا للتدهور البيئي منذ الدراسات المبكرة المكثفة لنمذجة التلوث البيئي بناءً على تأثير السكان والرفاهية والتكنولوجيا (Enrlich and Holdren 1971)، ومن ثم تلك المحركات التي تتعامل مع علاقة التلوث بالدخل (Grossman et al., 1991; Shafik and Bondyopadhyay [1992]; Panayotou [1993])، ولاحقًا تلك المحركات التي تستخدم إطار التأثيرات العشوائية للانحدار على السكان والرفاهية والتكنولوجيا "STIRPAT" (Dietz and Rosa [1997] and [1994]). ويعد استهلاك الطاقة أحد المصادر الرئيسية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون (Baek [2015]). كانت أسعار الوقود على مر التاريخ منخفضة في الدول المصدرة للنفط مما جعل القيادة ميسورة التكلفة، الأمر الذي أدى إلى زيادة الانبعاثات المحلية. وبالتالي قد تكون أسعار الوقود المستخدم في وسائل النقل أحد المحركات المحتملة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

يتمثل الهدف المحوري لهذه الدراسة في دراسة العوامل الدافعة للانبعاثات الكربونية في قطاع النقل السعودي، وإيجاد العلاقة بعيدة الأمد بين المتغيرات المدروسة، وانبعاثات الكربون في الفترة من عام 1990 إلى عام 2019. ولهذا الغرض، استخدمنا مواصفة الدالة التالية:

$$\begin{aligned} emitra = & b_0 + b_1gdp + b_2pop \\ & + b_3gasshare + b_4pfuel + u \end{aligned} \quad (1)$$

يقصد بـ (emitra) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل، و (gdp) الناتج المحلي الإجمالي، و (pop) إجمالي السكان، و (gasshare) حصة استهلاك البنزين في إجمالي استهلاك الطاقة في قطاع النقل. وبما أن بيانات انبعاثات الكربون لا يمكن ملاحظتها مباشرة، فإنها تحسب باستخدام بيانات استهلاك الطاقة وعوامل التحويل ذات الصلة. فيما ينجم عن استخدام بيانات استهلاك الطاقة التي يتم من خلالها حساب بيانات الانبعاثات مشكلات اقتصادية قياسية وتجريبية، على النحو الذي قام بتوضيحه الباحثان (Jaforullah and King [2017]). لذلك، فإنه لتجنب مشكلة المتغير المحذوف والمسائل الأخرى ذات الصلة في العمل التطبيقي يتم استخدام تدابير أخرى، مثل حصة الطاقة وكثافتها، لتقدير أثر استهلاك الطاقة (راجع دراسات كل من: Liddle [2020a] and Mikayilov et al. [2013, 2018]). ويعني (pfuel) متوسط سعر الوقود المستخدم في وسائل النقل، أما (u) فيقصد به حد الخطأ، فيما تدل رموز  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  على معاملات الانحدار للعلاقة طويلة المدى. كما أن من المتوقع أن يكون للمعاملين ( $b_2$  و  $b_1$ ) إشارات موجبة، بينما من المتوقع أن يكون للمعاملين ( $b_4$  و  $b_3$ ) إشارات سلبية. جميع المتغيرات في المعادلة (1) هي بالصيغة اللوغاريتمية، ولا يمكن بالتالي تفسير المعاملات مباشرة على أنها أوجه للمرونة.

كذلك استخدمنا تقنيات تقدير مختلفة لتقدير العلاقات بعيدة الأمد، ولمعرفة ما إذا كانت التقنيات المختلفة تؤدي إلى نتائج مماثلة. وعلى الرغم من أن عملية توليد البيانات (DGP) لا تعتمد على المنهجية المستخدمة، إلا أن من الأفضل في حالة العينة الصغيرة "البحث" باستخدام أدوات تقدير مختلفة "للكشف عن سلوك" عملية توليد البيانات المقابلة. كما استخدم نهج النمذجة من العام إلى الخاص (Gets, Davidson et al. [1978]; [Hendry et al. [1984]; Campos et al. [2005 بوصفه طريقة رئيسة تسمح بمراعاة عدد أكبر من الخيارات. بالإضافة إلى ذلك، استخدمت كل من طريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل FMOLS (Phillips and Hansen 1990; Hansen 1992a, 1992b) وطريقة المربعات الصغرى العادية الديناميكية "DOLS" (Saikkonen 1992; Stock and Watson 1993)، وطريقة انحدار التكامل المشترك المعيارية "CCR" (Park 1992)، كما طبق نهج اختبار الحدود على الإبطاء الموزع للانحدار الذاتي "ARDLBT" (Pesaran and Shin 1999; Pesaran et al. 2001) للحصول على تقديرات للمتانة بعيدة الأمد.

يتم أولاً، اختبار المتغيرات المستخدمة لخواص جذر الوحدة باتباع الإجراء التقليدي لتقديرات بيانات السلاسل الزمنية. ثانياً، في حال دمج كل المتغيرات بنفس الترتيب، فينبغي اختبار علاقة التكامل المشترك والحركة المشتركة بعيدة الأمد. يمكن بعد تأكيد علاقة التكامل المشترك تقدير العلاقة بعيدة الأمد.

كما يتم استخدام اختبار ديكي-فولر الموسع ADF (Dickey and Fuller, 1979) المستخدم على نطاق واسع لاختبار خصائص استقرار المتغيرات، وتنص الفرضية الصفرية لهذا الاختبار على عدم استقرار المتغير، بينما تم استخدام اختبارات كل من Banerjee et al. 1998، اختبارات الحدود (Pesaran and Shin 1999; Pesaran et al. 2001) لاختبار علاقة التكامل المشترك بين المتغير التابع (emitra) والمتغيرات المستقلة (pfuel، و pop، gasshare، و gdp). أشارت الفرضية الصفرية لكلا الاختبارين إلى عدم وجود علاقة تكامل مشترك. وبما أنه تم استخدام كل من اختبار ديكي-فولر الموسع واختبارات التكامل المشترك المستخدمة على نطاق واسع في دراسات مماثلة، فإنه لم يتم تفصيلها في هذه الدراسة، لذا نحيل القراء المهتمين بذلك إلى المؤلفات المذكورة أعلاه للاطلاع على مزيد من المعلومات.

استخدمت هذه الورقة بيانات السلسلة الزمنية السنوية للفترة من عام 1990 إلى عام 2019، وتم اختيار المدى على أساس توافر البيانات، فيما تم تعريف المتغيرات المستخدمة على النحو التالي: تتمثل انبعاثات قطاع النقل (emitra) في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن قطاع النقل والمقدرة بوحدة مليون طن من ثاني أكسيد الكربون والمستمدة من بيانات (Enerdata) Enerdata (2021) (2021). بينما يتمثل الناتج المحلي الإجمالي (GDP) في إجمالي الناتج المحلي الحقيقي بوحدة مليون ريال سعودي بناء على ثبات الأسعار في عام 2010، وقد تم الحصول على تلك البيانات من الهيئة العامة للإحصاء (2020) (GaStat). فيما يمثل متوسط سعر الوقود (pfuel) متوسط السعر المرجح للوقود المستخدم في وسائل النقل، الذي يتم حسابه باستخدام

بيانات استهلاك البنزين والديزل والكيروسين لقطاع النقل، بوصفها معاملات ترجيح، وأسعار الوقود المقابلة بالريال السعودي لكل طن من المكافئ النفطي (toe). كذلك تم الحصول على بيانات استهلاك البنزين والديزل والكيروسين لقطاع النقل من الوكالة الدولية للطاقة (2020) (IEA)، وتم استرداد بيانات الأسعار المقابلة من المراسيم الملكية المختلفة. أما فيما يتعلق بحصة البنزين، فإنها تمثل النسبة المئوية لحصة استهلاك البنزين في إجمالي الطاقة التي يستهلكها قطاع النقل في المملكة العربية السعودية، التي يتم حسابها استناداً إلى البيانات المأخوذة من الوكالة الدولية للطاقة (IEA) (2020). أما بالنسبة للسكان (pop) فيمثل ذلك إجمالي السكان (بعدد الأشخاص) والمستمد من قاعدة بيانات الأمم المتحدة (UN 2021).

# نتائج التقدير التجريبية

الذي خلص إلى استقرار المتغير السكاني عند الفرق أو الاختلاف الأول. وبالتالي، فإننا نستنتج أن كل المتغيرات تكون I(1). مما يعني أن فروقاتهم الأولى مستقرة. لذلك، يمكن اختبار المتغيرات في علاقة التكامل المشترك. كما تم استخدام اختبار (Banerjee et al. 1998) الذي يعرف أيضًا باختبار (PcGive)، واختبارات حدود التكامل المشترك "Pesaran and Shin BT" (Pesaran et al. 2001; 1999)، فضلًا عن إيراد النتائج التي توصلنا إليها في الجدول (2).

تم باتباع منهجية نمذجة السلاسل الزمنية دراسة خصائص جذر الوحدة للمتغيرات باستخدام اختبار ديكي-فولر الموسع (Dickey and Fuller 1979)، وقد استعرضنا النتائج التي توصلنا إليها لهذا الاختبار في الجدول (1).

كما يتضح من الجدول (1)، تم دمج كل المتغيرات في الترتيب الأول، باستثناء متغير السكان، كما أننا استخدمنا بالإضافة إلى اختبار ديكي-فولر الموسع، اختبار كيواتكويسكي فيليبس شमित-شين (1992)،

## الجدول 1. نتائج اختبار جذر الوحدة.

| Differenced | المستوى |          |          |
|-------------|---------|----------|----------|
|             | i&t     | i        |          |
| i           |         |          |          |
| -5.016***   | -1.143  | -0.698   | emitra   |
| -4.471***   | -0.956  | -1.156   | pfuel    |
| -1.210      | -0.859  | -1.486   | pop      |
| -4.230***   | -2.543  | -3.638** | gasshare |
| -5.515***   | -1.770  | -0.583   | gdp      |

ملاحظات: i = التقاطع فقط، i & t = حالة التقاطع والاتجاه. يتم في مواصفات جذر الوحدة، تعيين الحد الأقصى للإبطاء بأثنين، واختيار رقم الإبطاء الأمثل بناءً على معيار شوارتز للمعلومات. يرمز "\*\*\*" و "\*\*" إلى رفض الفرضية الصفرية عند مستويات الدلالة الإحصائية 5% و 1%، على التوالي.

## الجدول 2. نتائج اختبارات التكامل المشترك.

| اختبارات التكامل المشترك |           |                    |
|--------------------------|-----------|--------------------|
| الاختبار                 | PcGive    | اختبار الحدود (BT) |
| قيمة الاختبار            | -11.476** | 28.829***          |

ملاحظات: تتمثل الفرضية الصفرية لكلا الاختبارين في "عدم ارتباط السلاسل بعلاقة تكامل مشترك"، ويشير الرمزان "\*\*\*" و "\*\*" إلى رفض الفرضية الصفرية عند مستويات الدلالة الإحصائية 5% و 1%، على التوالي.

المصدر: المؤلفون.

المتغيرات دلائل ذات صلة ودلالة إحصائية، إلا أن من الأهمية بمكان ملاحظة أن مقياس الدخل أو الناتج المحلي الإجمالي أو الناتج المحلي الإجمالي غير النفطي الذي يعد أفضل بديل لدخل مستهلكي الطاقة المرتبطين بالنقل، غير وارد بوضوح في المؤلفات (Atalla et al. 2018). وبالتالي، يمكننا ملاحظة الأمر ذاته فيما يتعلق بانبعثات ثاني أكسيد الكربون المتصلة بالنقل. ومن ثم، فإننا استخدمنا للتحقق الإضافي الناتج المحلي الإجمالي غير النفطي كمقياس للدخل، وأوردنا النتائج التي توصلنا إليها في الجدول (A1) من ملحق هذه الدراسة. كما يمكن أن يلاحظ من الجدول (A1) أن النتائج ذات الصلة بالناتج المحلي الإجمالي غير النفطي لا تختلف اختلافاً جوهرياً عن تلك المتعلقة بالناتج المحلي الإجمالي.

خلص كلا الاختبارين كما يتبين من الجدول (2)، إلى وجود علاقة تكامل مشترك بين المتغيرات المدروسة. وتم في الخطوة التالية إجراء عمليات تقدير بعيدة الأمد. وقد أوردنا في الجدول (3) نتائج التقدير التفصيلية التي تم التوصل إليها باستخدام نهج النمذجة من العام إلى الخاص في الشكل الديناميكي، ومن ثم تم تحويل هذه النتائج إلى نموذج مستقر بعيد الأمد ولقد جرى عرض النتائج في الجدول (4)، الذي يوضح نتائج التقدير بعيدة الأمد المستمدة من طريقة (انحدار التكامل المشترك المعيارية وطريقة المربعات الصغرى العادية الديناميكية وطريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل والانحدار الذاتي للإبطاء الموزع (CCR, DOLS, FMOLS, and) ARDL) التي تشكل مقياساً لمتانة النتائج بعيدة الأمد.

كذلك يبين الجدول (4) أن جميع تقنيات التقدير المستخدمة ينجم عنها نتائج متقاربة، وأن لجميع

### الجدول 3. نتائج تقدير نهج النمذجة من العام إلى الخاص في الشكل الديناميكي.

الجدول (A): نتائج مواصفة النموذج النهائي بصيغة الإبطاء الموزع للانحدار الذاتي

| المتغير          | emitra (-1) | pfuel   | gdp(-1) | pop(-1) | gasshare | gasshare(-1) | constant | l2014   | S12004 | S12005 | S12017 |
|------------------|-------------|---------|---------|---------|----------|--------------|----------|---------|--------|--------|--------|
| المعامل          | 0.3648      | -0.0971 | 0.2508  | 0.8331  | -0.8981  | 0.4666       | -14.6055 | -0.0304 | 0.0373 | 0.0272 | 0.0502 |
| قيم الاحتمال "p" | 0.0000      | 0.0000  | 0.0003  | 0.0000  | 0.0000   | 0.0002       | 0.0000   | 0.0106  | 0.0052 | 0.0492 | 0.0002 |

الجدول (B): نتائج الاختبارات التشخيصية لمواصفات النموذج النهائي

| الاختبار           | AR 1-2 test | ARCH 1-1 test | Normality test | Hetero test | RESET23 test | R-square | Adjusted R-square |
|--------------------|-------------|---------------|----------------|-------------|--------------|----------|-------------------|
| إحصائيات الاختبار  | 3.2551      | 0.9752        | 2.7375         | 1.7043      | 0.5073       | 0.9999   | 0.9994            |
| قيم الاحتمالية "p" | 0.0652      | 0.3322        | 0.2544         | 0.1803      | 0.6115       |          |                   |

ملاحظات: يقصد بالرمز (emitra) المتغير التابع، ويعني AR = اختبار الارتباط التلقائي (Godfrey 1978)؛ ARCH = اختبار الانحدار الذاتي المشروط بعدم تجانس التباين (Engle 1982)؛ اختبار الاعتدال = اختبار دورنيك وهانسن (1994) للتوزيع الطبيعي للبيانات، اختبار عدم تجانس المرونة "تغاير المرونة" (White 1980)؛ RESET23 = اختبار مواصفات الانحدار (Ramsey 1969).

المصدر: المؤلفون

### الجدول 4. نتائج التقدير على المدى البعيد.

| نهج النمذجة من العام إلى الخاص | الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع | انحدار التكامل المشترك المعياري | طريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل | طريقة المربعات الصغرى العادية الديناميكية |          |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|---|----------|
| 0.395***                       | 0.178**                        | 0.398***                        | 0.391***                                      | 0.172***                                  | gdp      |
| -0.153***                      | -0.152***                      | -0.115***                       | -0.137***                                     | -0.150***                                 | pfuel    |
| 1.312***                       | 1.554***                       | 1.080***                        | 1.253***                                      | 1.561***                                  | pop      |
| -0.679***                      | -0.787***                      | -0.360***                       | -0.416***                                     | -0.788***                                 | gasshare |

ملاحظات: يمثل (emitra) المتغير التابع ، ويقصد بالرمز "\*\*\*" رفض الفرضية الصفرية عند مستوى الدلالة الإحصائية 1 %

المصدر: المؤلفون

نناقش في هذا القسم، النتائج التجريبية التي توصلنا إليها. حيث نجد وفقاً لنتائج اختبار جذر الوحدة التي تم توثيقها في الجدول (1)، أن المتغيرات (-gdp-pfuel- pop-) gasshare غير مستقرة، مما يعني أن متوسطها وتباينها وتغايرها (واحد منها على الأقل) يتغير بمرور الوقت، بينما تعد الاختلافات الأولى بينها ثابتة.

كذلك يبين الجدول (2) أنه يمكن للمتغيرات ذات الأهمية أن تتكامل تكاملاً مشتركاً، مما يعني وجود علاقة بعيدة الأمد بينها. ومن ثم، فإنه من المفيد تقدير القيم العددية لهذه العلاقة واستخدامها كأساس لوضع توصيات السياسات.

كما قُدر أثر الناتج المحلي الإجمالي ومتوسط سعر وقود النقل وإجمالي السكان، وحصّة استهلاك البنزين في إجمالي استهلاك طاقة النقل على انبعاثات وقود النقل، باستخدام خمس تقنيات تقدير مختلفة تمثلت في كل من (نهج النمذجة من العام إلى الخاص والانحدار الذاتي للإبطاء الموزع وطريقة المربعات الصغرى العادية الديناميكية وطريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل وانحدار التكامل المشترك المعياري)، بوصفه تحققاً من مدى المتانة. وتبين النتائج التي توصلنا إليها وجود علاقة متوقعة من الناحية النظرية وذات دلالة إحصائية بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بقطاع النقل ومحركاته. غير أن الجدير بالذكر في هذه المرحلة أن القيم العددية - أي أوجه المرونة - الناجمة عن تقنيات التقدير المختلفة تعد متقاربة للغاية من بعضها البعض، مما يشير إلى متانة هذه النتائج.

ووفقاً لنتائج التقدير، ترتبط الزيادة بنسبة 1% في أسعار الوقود بانخفاض يتراوح ما بين 0.12% و 0.15% في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالنقل على المدى البعيد. ويمثل سعر الوقود أحد أهم أدوات السياسات العامة الرامية إلى الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. فيما تشكل زيادة أسعار الوقود عاملاً اقتصادياً مثبطاً، وبالتالي فإنه يشجع على خفض المعدلات لحركة المركبات، وبالتالي، خفض استهلاك الوقود والحد من انبعاثات

ثاني أكسيد الكربون. علاوة على ذلك، فإن الزيادات في أسعار الوقود تشجع أيضاً على تبني التقنيات التي تتسم بكفاءة استخدام الطاقة، مما يسهل زيادة خفض استهلاك الوقود والحد من معدلات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. كما تشير المؤلفات ذات الصلة (راجع على سبيل المثال: Hasanov et al. [2018]; Klenert et al. [2020])، إلى أن السياسات الضمنية المتعلقة بالكربون مثل تعديل أسعار الوقود لتواكب الأسعار العالمية، وإزالة حوافز الطاقة لأنواع الوقود الأحفوري، تعد من أكثر تدابير السياسات نجاعة فيما يتعلق بالدول النامية.

كما يشير تحليلنا إلى أن زيادة الدخل بنسبة 1% مرتبطة بزيادة تتراوح ما بين 0.17% و 0.40% في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالنقل على المدى البعيد، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه المؤلفات من نتائج. كما تؤكد العديد من الدراسات السابقة أن الدخل يرتبط ارتباطاً إيجابياً بانبعاثات قطاع النقل (Baiocchi et al. [2010]; Brand and Boardman [2008]; DEFRA [2008]; Druckman and Jackson [2008]; Fahmy et al. [2011]; Gough et al. [2011]; Weber and Matthews [2008], inter alia).

أيضاً يشير تحليلنا إلى أن الزيادة بنسبة 1% في حصة البنزين (استهلاك البنزين مقسوم على إجمالي استهلاك الطاقة في قطاع النقل) ترتبط بانخفاض يتراوح ما بين 0.36% و 0.79% في انبعاثات قطاع النقل على المدى البعيد. وتمثل حصة البنزين في الوقود المستخدم في وسائل النقل استهلاك الوقود في قطاع المركبات الخفيفة في المملكة، ويرجع ذلك إلى استخدام الديزل والكيروسين بصفة أساسية في قطاعي المركبات الثقيلة والطيران، على التوالي. غير أننا نجد من الناحية التاريخية، أن انتشار مركبات الديزل في قطاع المركبات الخفيفة كان ضئيلاً بسبب ارتفاع نسبة الكبريت الموجودة في وقود الديزل في المملكة، كما يمكننا القول من الناحية التاريخية، أن زيادة حصة البنزين في الوقود المستخدم في وسائل النقل بالمملكة ارتبطت بارتفاع الطلب على الوقود في قطاع المركبات الخفيفة،



تجدر الإشارة إلى أن جميع المعاملات المقدره باستخدام طرق التقدير المذكورة في الجدول (3) تعد متقاربة للغاية، مما يشير إلى مدى متانة النتائج التي تم التوصل إليها، غير أنه من المؤسف أننا لسنا قادرين على مقارنة القيم العددية التي توصلنا إليها في هذا البحث بالتزامن مع تلك القيم المأخوذة من دراسات أخرى، كما لم نتمكن من العثور على أي دراسات اقتصادية قياسية سابقة حول هذا الموضوع بالنسبة للمملكة العربية السعودية.

الذي يعد بطبيعته أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة مقارنة بقطاعي المركبات الثقيلة والطيران. ويمكن تفسير ذلك بانخفاض إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن قطاع النقل، بالتزامن مع زيادة حصة البنزين في وقود النقل. أخيراً، يتضح أن للسكان تأثير كبير على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بقطاع النقل، كما يتضح أن الزيادة بنسبة 1 % في إجمالي عدد السكان مرتبطة بزيادة تتراوح ما بين 1.08 % و 1.56 % في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بقطاع النقل على المدى البعيد. وتتوافق هذه النتيجة مع النظرية الاقتصادية: التي يعد فيها النمو السكاني المحرك الرئيس لزيادة الطلب على النقل وانبعاثات النقل في نهاية المطاف.

تتوافق تقديرات المرونة التي تم الحصول عليها مع طبيعة قطاع النقل في المملكة العربية السعودية، لاسيما وأن ارتفاع معدل النمو السكاني يؤدي إلى زيادة الطلب على شبكة النقل. كما يؤدي ارتفاع معدل النمو الاقتصادي إلى زيادة معدلات الدخل، ويتيح للناس امتلاك مركباتهم الخاصة بدلاً من استخدام وسائل النقل العام الذي لا يمثل سوى حصة صغيرة من النقل في المملكة.

## الافتراضات المتعلقة بالتنبؤ

يناقش هذا القسم أولاً الافتراضات المتوقعة، ثم يضع تنبؤات بشأن الفترة الزمنية الممتدة من عام 2020 إلى 2030، ونفترض باستخدام النتائج التي توصل إليها (Matar and Anwer's (2017 بشأن تكلفة أنواع وقود النقل المختلفة، أن أسعار وقود النقل ستصل إلى تكاليف إنتاجها بحلول عام 2030. ونفترض على وجه التحديد، أن الأسعار ستكون في عام 2030 1.94 ريال سعودي/ للتر، و1.98 ريال سعودي/ للتر، و0.65 ريال سعودي/ للتر، و1.89 ريال سعودي/ للتر بالنسبة للبنزين (91)، والبنزين (95)، ووقود الديزل، ووقود الطائرات على التوالي. غير أن أسعار وقود النقل سترتفع كل عام بنفس المعدل اعتباراً من عام 2021، لتبلغ الأسعار المستهدفة لعام 2030. وقد تم الحصول على تنبؤات الناتج المحلي إجمالي في إطار سيناريو أسعار الوقود من نتائج محاكاة نموذج الاقتصاد القياسي الكلي (Hasa-nov et al. 2020). فيما تستند افتراضات التنبؤ بحجم السكان على استخدام بيانات الأمم المتحدة السكانية الخاصة بالمملكة العربية السعودية (UN 2021). كما افترضنا بالنظر إلى السلوك التاريخي لحصة البنزين في استهلاك طاقة النقل، أن يبلغ معدل النمو خلال فترة التقدير في المتوسط (52%). وعلى الرغم أن بعض القراء قد يشككون في مدى صحة هذا الافتراض، مع مراعاة احتمال انتشار أنواع وقود النقل البديلة منخفضة الكربون أو الخالية من الكربون بما فيها الكهرباء والهيدروجين الصديق للبيئة. إلا أن هذا الافتراض يستند على المنطق القائل بأن من شأن احتمالية حدوث زيادة في انتشار وقود

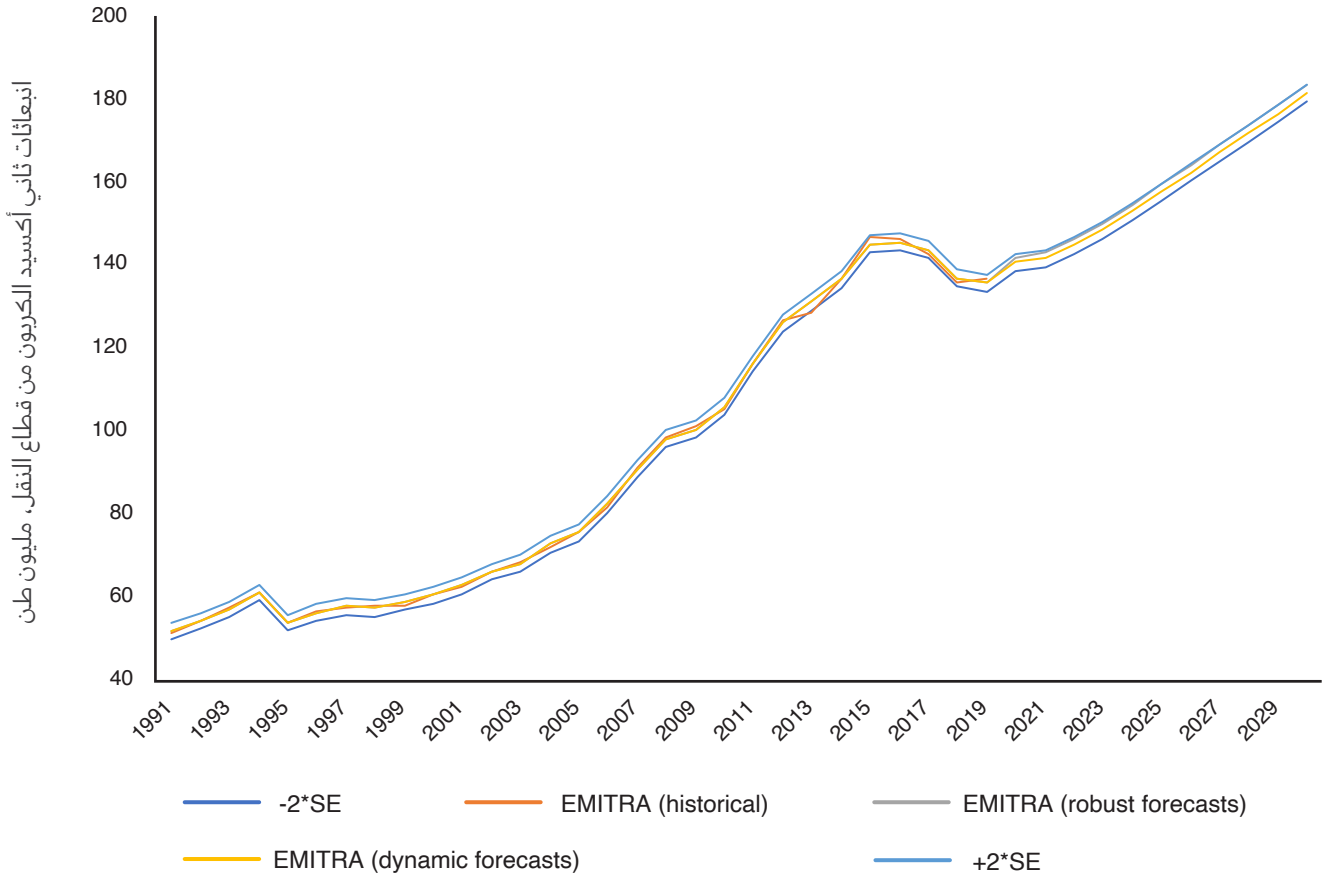
النقل منخفض الكربون أو منعدم الكربون أن يحد من حصة البنزين كنسبة مئوية من وقود النقل. مما يعني بدوره أنه يمكن خفض معدلات النمو في إجمالي انبعثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن النقل أو عكسها. ومع ذلك، ونظراً لعدم وجود سياسات في المملكة تدعم انتشار مركبات الوقود البديل في هذه المرحلة، فإن احتمالية انخفاض حصة البنزين المستخدم في النقل بدرجة كبيرة بحلول عام 2030 بسبب ارتفاع حصة الوقود البديل لا تزال منخفضة. علاوة على ذلك، وبما أننا لا نملك أي معلومات إضافية عن التطور المستقبلي للبنزين كنسبة من وقود النقل، فإننا نفترض أنه سيظل عند معدله التاريخي. وقد تم إيراد افتراضاتنا لعمليات التنبؤ في الجدول (A2) من ملحق هذه الدراسة.

## نتائج التنبؤ

أجرينا عمليات التنبؤ باستخدام النماذج والافتراضات المقدره الواردة في القسم الفرعي السابق، فيما استخدمنا في هذه العمليات كافة نتائج النموذج المقدره، ونتجت عن هذه النماذج نتائج متقاربة للغاية. ولتجنب وجود العديد من الرسوم البيانية، قمنا فقط بإيراد نتائج التنبؤ الخاصة بنهج النمذجة من العام إلى الخاص للفترة المدروسة (تم إيراد نتائج التنبؤ الأخرى في الشكل (A1) من ملحق الدراسة). كذلك قمنا باستخدام تنبؤات ديناميكية وأداة قوية للتنبؤ (Hendry and Doornik 2014). وكما يتبين من الشكل (4)، فقد أسفر استخدام كلتا التقنيتين عن الوصول إلى نتائج متشابهة للغاية.

## التنبؤ بانبعثات النقل

الشكل 4. تنبؤات انبعثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع النقل مع أشرطة توضح فترة الثقة بنسبة 95٪.



المصدر: المؤلفون

| الوقت    | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ديناميكي | 140.93 | 141.82 | 144.94 | 148.66 | 153.11 | 157.82 | 162.53 | 167.23 | 171.94 | 176.73 | 181.65 |
| قوي      | 141.89 | 143.15 | 146.42 | 150.23 | 154.75 | 159.51 | 164.28 | 169.03 | 173.79 | 178.63 | 183.61 |

المصدر: المؤلفون

ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع النقل. وخلال الفترة الواقعة ما بين عام 2006 وعام 2015 (فترة العشر سنوات التي سبقت إصلاح أسعار الوقود في المملكة العربية السعودية)، بلغ معدل النمو السنوي لهذه الانبعثات 6.53٪. ومن ثم، فإن استهداف نتائج الأسعار يؤدي إلى الحد من انبعثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل بدرجة كبيرة.

يتوقع استناداً إلى الافتراضات المطبقة والنتائج القوية، أن تبلغ انبعثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع النقل في عام 2030 ما مقداره 183.61 مليون طن.

الجدير بالذكر هنا، أن استهداف الأسعار في الفترة الواقعة ما بين عام 2021 حتى عام 2030، لم يسفر عنه سوى تحقيق نمو بنسبة 2.6٪ سنوياً في انبعثات

# النتائج وتوصيات السياسات

إن زيادة أسعار الوقود لتعكس أسعار السوق الفعلية سوف تؤدي إلى خفض حوافز الطاقة المقدمة، وتوفير موارد إضافية للحكومة. إذ بالإمكان استخدام هذه الموارد التي تم توفيرها لاحقاً لأغراض مختلفة (Klenert et al. 2018) بما يتماشى مع أهداف رؤية المملكة 2030 لتنويع الاقتصاد والحد من اعتماده على النفط (Hasanov et al. 2020). كما سيساعد هذا على تعزيز الموقف المالي للحكومة، ودعم الرفاهية الاجتماعية أو التنمية الاقتصادية. كذلك يمكن للحكومة على سبيل المثال، استخدام هذه الموارد الإضافية لتسهيل عملية التحول إلى موارد الطاقة المتجددة في قطاع النقل (Klenert et al. 2018). كما يمكن تطوير وتمويل المركبات التي تعمل بالكهرباء والطاقة الشمسية باستخدام هذه الموارد الإضافية. فضلاً عن ذلك، يمكن أن يحقق التحرك نحو زيادة حصة الطاقة المتجددة المستخدمة في قطاع النقل أهداف مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون وأن يخفض إجمالي انبعاثات هذا القطاع.

من جانب آخر، أدى ارتفاع معدل النمو السكاني، وارتفاع مستويات المعيشة، والتطور السريع، ومحدودية خدمات النقل العام، والأحوال المناخية القاسية، والتوسع العمراني إلى توسيع نطاق استهلاك الطاقة في قطاع النقل السعودي. علاوة على ذلك، قد يؤدي ارتفاع أسعار الوقود إلى زيادة الاهتمام بالمركبات ذات الكفاءة في استهلاك الوقود (شيلدون ودوا 2021). وقد أشار (Chaaban et al. 2000) إلى أن من شأن التحول إلى وقود منخفض الانبعاثات الكربونية وتطبيق معايير انبعاثات المركبات - على غرار معايير الاقتصاد في استهلاك الوقود بالنسبة للشركات - أن يخفف إلى حد كبير من معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة في قطاع النقل.

إلا أن الخيارات الممكنة في مجال السياسات الرامية لخفض استهلاك الطاقة في قطاع النقل تشمل وضع معايير لكفاءة استخدام المركبات، وتدابير للاعتدال

تناولنا في هذا البحث مدى التأثير بعيد المدى للدخل وأسعار الوقود والسكان وحصة البنزين في وقود النقل على انبعاثات قطاع النقل السعودي، وقد استخدمنا طرق تقدير مختلفة لتحقيق نتائج أكثر متانة، ونتيجة لذلك، وضعنا توصيات راسخة تستند إلى أسس سليمة في مجال السياسات. كذلك بين تحليلنا التجريبي وجود تأثيرات بعيدة الأمد للمتغيرات المدروسة على انبعاثات قطاع النقل في المملكة العربية السعودية. كما تعد نتائج التقدير التي استخلصناها باستخدام الطرق المختلفة متشابهة للغاية، مما يدل على مدى متانة النتائج التي تم التوصل إليها.

كما تشير النتائج المستخلصة من تحليلنا التجريبي إلى أن زيادة أسعار الوقود المصحوبة ببعض تدابير التخفيف تبدو خيارات سياسة مناسبة لوضع السياسات يمكن أخذها في الاعتبار لهذا القطاع. وتدعم النتائج المستمدة من التحليل التجريبي سياسة المملكة الرامية لإصلاح أسعار الطاقة التي نفذتها منذ عام 2016. ورغم أن أسعار الوقود تؤثر على الطلب والانبعاثات، إلا أننا نجد أن استجابة المستهلكين لارتفاع الأسعار لم تكن قوية بالدرجة الكافية، وربما يرجع ذلك إلى عدم وجود خيارات بديلة للنقل البري. علاوة على ذلك، فإن الحكومة السعودية تعمل منذ نهاية شهر ديسمبر لعام 2015، على التخلص التدريجي من حوافز الطاقة، ونقصد بذلك زيادة أسعار الطاقة المحلية لتعكس أسعار السوق، إلى جانب تبنيها لتدابير التخفيف. غير أن هذه السياسة تساعد فعليا على تحقيق سلسلة عملية التحول بعيداً عن البنزين، وتمنح قطاعات الاقتصاد بعض الوقت للتكيف مع البيئة الجديدة. كذلك خلص العديد من الباحثين (Wu [2009]; Cohen et al. [2016]; Steinbuks and Neuhoff [2014]) إلى أنه يمكن لزيادة أسعار الطاقة أن تؤدي إلى تحسينات في كفاءة استخدام الطاقة. وبالتالي، فإن أسعار الطاقة تلعب دوراً بالغ الأهمية في تحفيز تدابير كفاءة استخدام الطاقة، وتحديد الطلب على الطاقة واستهلاكها، وترشيد حوافز الطاقة.

إن خيارات السياسة التي تمت مناقشتها في هذه الدراسة توفر طريقة مستدامة لإغلاق الحلقة الماثلة بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة، وقد خلصت هذه الدراسة إلى أن الإستراتيجية الحالية للحكومة السعودية الرامية لإصلاح أسعار الطاقة، والتعديل التدريجي لتدابير التخفيف للحد من انبعاثات النقل تعتبر إستراتيجية ملائمة وجاءت في الوقت المناسب.

أخيرًا، يتوقع هذا البحث تأثير خيار السياسة (حوكمة الأسعار) على الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل، ولقد توصلنا إلى أن حوكمة أسعار الطاقة، بالإضافة إلى استهداف الكفاءة، تعتبران من أكثر الأدوات فعالية للتخفيف من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع النقل في المملكة العربية السعودية. ومن الواضح، أنه إذا أُديرت خيارات السياسات هذه بنحو سليم، فيمكن لقطاع النقل أن يلعب دورًا بالغ الأهمية في ترشيد استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون ذات الصلة في الدولة.

في استخدام المركبات الخاصة، ومعايير لتوفير وقود منخفض الكربون لقطاع النقل. فيما تتمثل الإستراتيجية الحالية للحكومة السعودية في زيادة خدمات النقل العام والأرصفة، وربط المناطق الرئيسية من خلال شبكة نقل حديثة، مما يمكنه أن يؤدي إلى زيادة الاعتدال في استخدام المركبات الخاصة وخفض استهلاك الطاقة في هذا القطاع (MOT 2021). ولعل أحد الأمثلة على زيادة وسائل النقل العام قطار الحرمين السريع الذي يبلغ طوله 450 كم، الذي يربط المدينة المنورة ومكة عبر مدينة الملك عبد الله الاقتصادية.

كذلك تبين النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة وجود علاقة إيجابية بين الدخل والانبعاثات الإجمالية، ويرجع ذلك إلى شراء مركبات إضافية بالتزامن مع زيادة الدخل، مما يؤدي بدوره إلى زيادة استهلاك الوقود وارتفاع معدلات الانبعاثات الكربونية. غير أن من شأن توفير البرامج التوعوية والتدريبية لممارسة صيانة المركبات أن تعمل على خفض عدد المركبات لكل أسرة وكذلك على مستوى الشركات، وأن يضمن أيضًا حُسن إدارة المركبات وتحقيق الكفاءة المثلى في استخدام الوقود، مما يساعد بدوره على خفض معدلات الانبعاثات. بالإضافة إلى ذلك، وبما أن نمط الحياة والأنشطة الشخصية تؤثران على أنماط السفر على الطرقات، فإن برامج التدريب والتوعية الرامية لإعلام الجمهور بالآثار السلبية لتغير المناخ تعد ضرورية لتوفير الفوائد بعيدة الأجل لصحة الإنسان ونوعية الحياة.

<sup>1</sup> استخدم (Alkhatlan and Javid (2015) المواصفات التربيعية فيما يتعلق بمتغير الدخل ولم يوردوا المرونة التي عثروا عليها.

- Aldabahi, Majid, and Guy Walker. 2016. "Riyadh transportation history and developing vision." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 216: 163-171. DOI: [10.1016/j.sbspro.2015.12.024](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.024)
- Alkhathlan, Khalid, and Muhammad Javid. 2015. "Carbon emissions and oil consumption in Saudi Arabia." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 48: 105-111. DOI: [10.1016/j.rser.2015.03.072](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.072)
- Apergis, Nicholas, and James E. Payne. 2009. "CO<sub>2</sub> emissions, energy usage, and output in Central America." *Energy Policy*, Vol. 37: 3282–3286. DOI: [10.1016/j.enpol.2009.03.048](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048)
- Arab News. 2021a. "Saudi Arabia wants transport sector to contribute 10% of GDP by 2030." (Accessed September 22, 2021.) <https://www.arabnews.com/node/1889946/business-economy>
- . 2021b. "Saudi Arabia launches National Transport and Logistics Strategy." June 30. (Accessed September 22, 2021.) <https://www.arabnews.com/node/1885636/saudi-arabia>
- Atalla, Tarek N., Anwar A. Gasim, and Lester C. Hunt. 2018. "Gasoline demand, pricing policy, and social welfare in Saudi Arabia: A quantitative analysis." *Energy Policy* 114 (March):123–33. DOI: [10.1016/j.enpol.2017.11.047](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.047)
- Baek, Jungho. 2015. "Environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: The case of Arctic countries." *Energy Economics* 50:13–17. DOI: [10.1016/j.eneco.2015.04.010](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.04.010)
- Baiocchi, Giovanni, Jan Minx, and Klaus Hubacek. 2010. "The impact of social factors and consumer behavior on carbon dioxide emissions in the United Kingdom." *Journal of Industrial Ecology* 14: 50–72. DOI: [10.1111/j.1530-9290.2009.00216.x](https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00216.x)
- Banerjee, Anindya, Juan J. Dolado, and Ricardo Mestre. 1998. "Error-Correction Mechanism Tests for Cointegration in a Single-Equation Framework." *Journal of Time Series Analysis* 19, 3: 267-285. DOI: [10.1111/1467-9892.00091](https://doi.org/10.1111/1467-9892.00091)
- Brand, Christian, and Brenda Boardman. 2008. "Taming of the few — the unequal distribution of greenhouse gas emissions from personal travel in the U.K." *Energy Policy* 36: 224–238. DOI: [10.1016/j.enpol.2007.08.016](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.08.016)
- Campos, Julia, Neil R. Ericsson, and David F. Hendry. 2005. *Readings on General-to-Specific Modeling*. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar.
- CEIC Data. 2021. "Saudi Arabia's Motor Vehicles Sales from 2005 to 2019." Accessed January 31, 2022. <https://www.ceicdata.com/en/indicator/saudi-arabia/motor-vehicles-sales>
- Chaaban, Farid, Isam Kaysi, and Riad Chedid. 2000. "Contribution of transport to GHG emissions - case study of Lebanon." *World Resources Review* 12(2):280–97.
- Cohen, François, Matthieu Glachant, and Magnus Söderberg. 2015. "The impact of energy prices on energy efficiency: Evidence from the U.K. refrigerator market." No. 179. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
- Davidson, James E.H., David F. Hendry, Frank Srba, and Stephen Yeo. 1978. "Econometric modelling of the aggregate time series relationships between consumers' expenditure and income in the United Kingdom." *Economic Journal* 88, (352): 661-692.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom (DEFRA). 2008. "Distributional Impacts of Personal Carbon Trading."

- Dickey, David. A., and Wayne F. Fuller. 1981. "Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root." *Econometrica*, 49: 1057-1072. DOI: [10.2307/1912517](https://doi.org/10.2307/1912517).
- Dietz, Thomas, and Eugene A. Rosa. 1994. "Rethinking the environmental impacts of population, affluence, and technology." *Human Ecology Review*, Vol. 1: 277–300.
- . 1997. "Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions." *National Academy of Sciences* 94(1): 175–179. DOI: [10.1073/pnas.94.1.175](https://doi.org/10.1073/pnas.94.1.175)
- Doornik, Jurgen A., and Henrik Hansen (1994). "A practical test for univariate and multivariate normality." Discussion paper, Nuffield College, Oxford.
- Druckman, Angela, and Tim Jackson. 2008. "Household energy consumption in the U.K.: A highly geographically and socio-economically disaggregated model." *Energy Policy* 36: 3177–3192.
- U.S. Energy Information Administration (EIA). 2020. "Energy use for transportation." Accessed February 17, 2020. <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/transportation.php>
- . 2021. "Saudi Arabia: Gasoline consumption. Measure: thousand barrels per day." Accessed January 31, 2022. [https://www.theglobaleconomy.com/Saudi-Arabia/gasoline\\_consumption/](https://www.theglobaleconomy.com/Saudi-Arabia/gasoline_consumption/)
- Engle, Robert F. 1982. "Autoregressive conditional heteroscedasticity, with estimates of the variance of United Kingdom inflation." *Econometrica* 50, 987–1007. DOI: [https://doi.org/0012-9682\(198207\)50](https://doi.org/0012-9682(198207)50)
- Enrich, Paul, and John P. Holdren. 1971. "Impact of Population Growth." *Science*, 171(3977): 1212–1217. DOI: [10.1126/science.171.3977.1212](https://doi.org/10.1126/science.171.3977.1212)
- Fahmy, Eldin, Joshua Thumim, and Vicki White. 2011. "The distribution of U.K. household CO<sub>2</sub> emissions: interim report." JRF Programme Paper: Climate Change and Social Justice. University of Bristol and Centre for Sustainable Energy.
- Fengyan, Fan, and Yalin Lei. 2015. "Factor Analysis of Energy-Related Carbon Emissions: A Case Study of Beijing." *Journal of Cleaner Production*: 1-7. DOI: [10.1016/j.jclepro.2015.07.094](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.094)
- General Authority for Statistics (GaStat). 2020. "National Accounts." Accessed July 7, 2020. <https://www.stats.gov.sa/en>
- Godfrey, Leslie G. 1978. "Testing for higher order serial correlation in regression equations when the regressors include lagged dependent variables." *Econometrica* 46, 1303–1313. DOI: [10.2307/1913830](https://doi.org/10.2307/1913830).
- Gough, Ian, Saamah Abdallah, Victoria Johnson, Josh Ryan-Collins, and C. Smith. 2011. "The distribution of total greenhouse gas emissions by households in the U.K., and some implications for social policy." CASE Paper 152, Centre for Analysis of Social Exclusion. London School of Economics.
- Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. 1991. "Environmental impacts of a north American free trade agreement." *Social Science Electronic Publishing*. 8: 223–250.
- Hansen, Bruce E. 1992a. "Efficient estimation and testing of cointegrating vectors in the presence of deterministic trends." *Journal of Economics*, 53: 87-121.



- — —. 1992b. "Tests for parameter instability in regressions with I(1) processes." *Journal of Business and Economic Statistics*. 10: 321-335. DOI: [1391545](https://doi.org/10.1006/jbse.1992.1545)
- Hasan, Arif, David J. Frame, Ralph Chapman, and Kelli M. Archie. 2019. "Emissions from the road transport sector of New Zealand: Key drivers and challenges." *Environmental Science and Pollution Research*. 23:23937–23957. DOI: [10.1007/s11356-019-05734-6](https://doi.org/10.1007/s11356-019-05734-6)
- Hasanov, Fakhri J., Fred L. Joutz, Jeyhun I. Mikayilov, and Mohammad Javid. 2020. "KGEMM: A Macroeconometric Model for Saudi Arabia." KAPSARC Discussion Paper. Doi: [10.30573/KS-2020-DP04](https://doi.org/10.30573/KS-2020-DP04).
- Hasanov, Fakhri J., Jeyhun I. Mikayilov, Nicholas Apergis, Brantley Liddle, Ceyhun Mahmudlu, Ryan Alyamani, and Abdullelah Darandary. 2020. "Carbon Price Policies and International Competitiveness in G20 Countries." T20 Policy Brief. Accessed November 22, 2021. [https://www.researchgate.net/publication/344263553\\_Carbon\\_Price\\_Policies\\_and\\_International\\_Competitiveness\\_in\\_G20\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/344263553_Carbon_Price_Policies_and_International_Competitiveness_in_G20_Countries)
- Hendry, David, F., Adrian R. Pagan, and John D. Sargan. 1984, "Dynamic Specification," in *Handbook of Econometrics* (Vol. 2), edited by Zvi Griliches and Michael. D. Intriligator, Amsterdam: North-Holland, 1023-1100.
- Hendry, David, F., and J. Doornik. 2014. *Empirical Model Discovery and Theory Evaluation: Automatic Selection Methods in Econometrics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Howarth, Nicholas, Alessandro Lanza, and Thamer Al Sheri. 2020. "Saudi Arabia's 2018 CO<sub>2</sub> Emissions Fall Faster Than Expected." KAPSARC Data Insight. KS-2020-II01
- Hunt, Lester C., G. Judge, and Y. Ninomiya. 2003. "Modeling underlying energy demand trends." In *Energy in a Competitive Market: Essays in honour of Colin Robinson*, edited by Lester C. Hunt, 140-174. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar.
- International Energy Agency (IEA). 2020. "Extended world energy balances."
- International Energy Forum (IEF). 2021. "Saudi Energy Efficiency Program." Accessed January 31, 2022. <https://www.ief.org/>
- Jaforullah, Mohammad, and Alan King. 2017. "The econometric consequences of an energy consumption variable in a model of CO<sub>2</sub> emissions." *Energy Economics* 63:84–91. DOI: [10.1016/j.eneco.2017.01.025](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.025)
- Klenert, David, Linus Mattauch, Emmanuel Combet, Ottmar Edenhofer, Cameron Hepburn, Ryan Rafaty, and Nicholas Stern. 2018. "Making Carbon Pricing Work for Citizens." *Nature Climate Change* 8: 669–77. (Accessed November 22, 2021). DOI: [10.1038/s41558-018-0201-2](https://doi.org/10.1038/s41558-018-0201-2)
- Kwiatkowski, Denis, Peter C.B. Phillips, Peter Schmidt, and Y. Yongcheol Shin. 1992. "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root." *Journal of Economics* 54:159–178. DOI: [10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Liddle, Brantley. 2011. "Consumption-driven environmental impact and age structure change in OECD countries: A cointegration-STIRPAT analysis." *Demographic Research*, 30: 749-770. DOI: [10.4054/DemRes.2011.24.30](https://doi.org/10.4054/DemRes.2011.24.30)
- — —. 2018. "Consumption-based accounting and the trade-carbon emissions nexus in Asia: A heterogeneous, common factor panel analysis." *Sustainability*, 10(10). DOI: [10.1016/j.eneco.2017.11.004](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.004)

- Liu, Yan, and Cinzia Cirillo. 2016. "Evaluating policies to reduce greenhouse gas emissions from private transportation." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 44: 219-233. DOI: [10.1016/j.trd.2016.02.018](https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.02.018)
- Lixue, Wu. 2009. "The Fluctuations of China's Energy Efficiency: Theoretical Explains, Numerical Simulations and Policy Experiments [J]." *Economic Research Journal* 5: 130-142.
- Matar, Walid, and Murad Anwer. 2017 "Jointly reforming the prices of industrial fuels and residential electricity in Saudi Arabia." *Energy Policy*, Vol. 109: 747-756. DOI: [10.1016/j.enpol.2017.07.060](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.060)
- Melo, Patricia C. 2016. "Driving down road transport CO<sub>2</sub> emissions in Scotland." *International Journal of Sustainable Transportation*, 10: 906–916.
- Mikayilov, Jeyhun, Vusal Shukurov, and Sabuhi Yusifov. 2017. "The impact of economic Growth and population on CO<sub>2</sub> emissions from transport sector: Azerbaijan case." *Academic Journal of Economic Studies*, 3: 60-67.
- Mikayilov, Jeyhun I., Shahriyar Mukhtarov, Jeyhun Mammadov, and Shahriyar Aliyev. 2020a. "Environmental consequences of tourism: do oil-exporting countries import more CO<sub>2</sub> emissions?" *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*: 1– 14. DOI: [10.1080/15567249.2020.1753856](https://doi.org/10.1080/15567249.2020.1753856)
- Mikayilov, Jeyhun I., Frederick L. Joutz, and Fakhri J. Hasanov. 2020b. "Gasoline demand in Saudi Arabia: Are the price and income elasticities constant?" *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 15, 4: 211-229. DOI: [10.1080/15567249.2020.1775325](https://doi.org/10.1080/15567249.2020.1775325)
- Ministry of Transport, Saudi Arabia (MOT). 2021. The Public Transport Authority. Accessed January 31, 2022. <https://www.mot.gov.sa/en/TransportSystem/PublicTransport/Pages/default.aspx>
- Motory. 2018. "Saudi Arabia is the 15th largest car market in the world." Accessed January 31, 2022. <https://ksa.motory.com/en/news/saudi-arabia-is-the-15th-largest-car-market-in-the-world-1087/>
- OPEC. 2018. "Monthly Oil Market Report." 12 December.
- Panayotou, Theodore. 1993. "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development." International Labor Organization Working Papers, 238.
- Park, Joon Y. 1992. "Canonical Cointegrating Regressions." *Econometrica*, 60: 119–143. DOI: [10.2307/2951679](https://doi.org/10.2307/2951679).
- Perron, Pierre. 1989. "The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis." *Econometrica*, 57: 1361. DOI: [10.2307/1913712](https://doi.org/10.2307/1913712).
- Pesaran, M. Hashem, and Yongcheol Shin. 1999. "An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis." In *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century* edited by S. Strom. The Ragnar Frisch Centennial Symposium. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Pesaran, M. Hashem, Yongcheol Shin, and Richard J. Smith. 2001. "Bound Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships." *Journal of Applied Economics*, 16: 289–326. DOI: [10.1002/jae.616](https://doi.org/10.1002/jae.616)

- Phillips, Peter C.B., and Sam Ouliaris. 1990. "Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration." *Econometrica*, vol. 58(1):165-193. DOI: 10.2307/2938339.
- Phillips, Peter C.B., and Bruce E. Hansen. 1990. "Statistical inference in instrumental variables regression with I(1) processes." *Review of Economic Studies*, 57: 99-125.
- Ramsey, James B. "Tests for Specification Errors in Classical Linear Least Squares Regression Analysis." *Journal of the Royal Statistical Society, series B*, vol. 31, 1969: 350–371.
- Saikkonen, Pentti. 1991. "Asymptotically efficient estimation of cointegrated regressions." *Economic Theory* 7: 1–21.
- . 1992. "Estimation and testing of cointegrated systems by an autoregressive approximation." *Economic Theory* 8: 1–27.
- Saudi Vision 2030 (SV2030). 2019. "Fiscal Balance Program." Accessed January 31, 2022. <http://vision2030.gov.sa/en/bb2020>
- Saudi Energy Efficiency Program (SEEC). 2018. Saudi Arabia Raises Awareness on Fuel-Efficient Vehicles. Asharq Al-Awsat. Accessed January 31, 2022. <https://aawsat.com/node/1203311/%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D8%B6%D8%A9-%D9%85%D8%AD%D9%84%D9%8A%D8%A9/%D8%B4%D8%B1%D8%A7%D8%AD%D9%8A%D9%84%D9%8A-%D9%8A%D8%B1%D8%AAD8%AF%D9%8A-%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%B1%D8%A7%D8%A6%D8%AF>
- . 2017. "Saudi Energy Efficiency Program." Accessed January 31, 2022. [https://www.ief.org/\\_resources/files/events/2nd-ief-eu-energy-day/naif-al-ragass---saudi-energy-efficiency-center.pdf](https://www.ief.org/_resources/files/events/2nd-ief-eu-energy-day/naif-al-ragass---saudi-energy-efficiency-center.pdf)
- Shafik, Nemat, and Sushenjit Bandyopadhyay. 1992. "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence." Background Paper for the World Development Report, The World Bank, Washington DC.
- Sheldon, Tamara L., and Rubal Dua. 2021. "How responsive is Saudi new vehicle fleet fuel economy to fuel-and vehicle-price policy levers?" *Energy Economics*: 105026. DOI: [10.1016/j.eneco.2020.105026](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.105026)
- Steinbuks, Jevgenijs, and Karsten Neuhoff. 2014. "Assessing energy price induced improvements in efficiency of capital in OECD manufacturing industries." The World Bank.
- Stock, James H., and Mark W. Watson. 1993. "A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems." *Econometrica* 61: 783–820. DOI: [10.2307/2951763](https://doi.org/10.2307/2951763).
- United Nations (UN). 2021. "(1) United Nations Population Division. World Population Prospects: 2019 Revision. (2) Census reports and other statistical publications from national statistical offices, (3) Eurostat: Demographic Statistics, (4) United Nations Statistical Division. Population and Vital Statistics Reprot (various years), (5) U.S. Census Bureau: International Database, and (6) Secretariat of the Pacific Community: Statistics and Demography Programme." (Accessed on December 5, 2021). <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=SA>
- Wang, Ting, and Boqiang Lin. 2019. "Fuel consumption in road transport: A comparative study of China and OECD countries." *Journal of Cleaner Production* 206: 156–170. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.09.092](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.092)

Weber, Christopher L., and H. Scott Matthews. 2008. "Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint." *Ecological Economics* 66: 379–391. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2007.09.021](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021)

White, Halbert. 1980. "A Heteroscedasticity Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test of Heteroscedasticity." *Econometrica* vol. 48: 817–818. DOI: <https://doi.org/1912934>

Wei, Qingqi, and Songzheng Zhao. 2013. "Quantitative Analysis of Carbon Emissions Reduction Ability of Transportation Structure Optimization in China." *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology* 13: 10–17. DOI: [10.1016/S1570-6672\(13\)60109-9](https://doi.org/10.1016/S1570-6672(13)60109-9)

World Resources Institute (WRI). 2020. "CAIT Climate Data Explorer." Accessed January 31, 2022. <http://www.wri.org/resources/data-visualizations/cait-climate-data-explorer>

## الجدول A1. نتائج التقدير على المدى البعيد مع الناتج المحلي الإجمالي غير النفطي.

| الانحدار الذاتي للإبطاء الموزع | انحدار التكامل المشترك المعياري | طريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل | طريقة المربعات الصغرى العادية الديناميكية |          |
|--------------------------------|---------------------------------|---|---|----------|
| 0.150*                         | 0.306**                         | 0.264*  | 0.152***                                  | gdp      |
| -0.135***                      | -0.098***                       | -0.097***                                     | -0.135***                                 | pfuel    |
| 1.415***                       | 0.974***                        | 1.069***                                      | 1.408***                                  | pop      |
| -0.704***                      | -0.400***                       | -0.437***                                     | -0.689***                                 | gasshare |

ملاحظات: يشير الرمز (emitra) الي المتغير التابع، فيما تشير الرموز ("\*\*") و ("\*") إلى رفض الفرضية الصفرية عند مستويات الأهمية الاحصائية 1% و 5% و 10%، على التوالي.

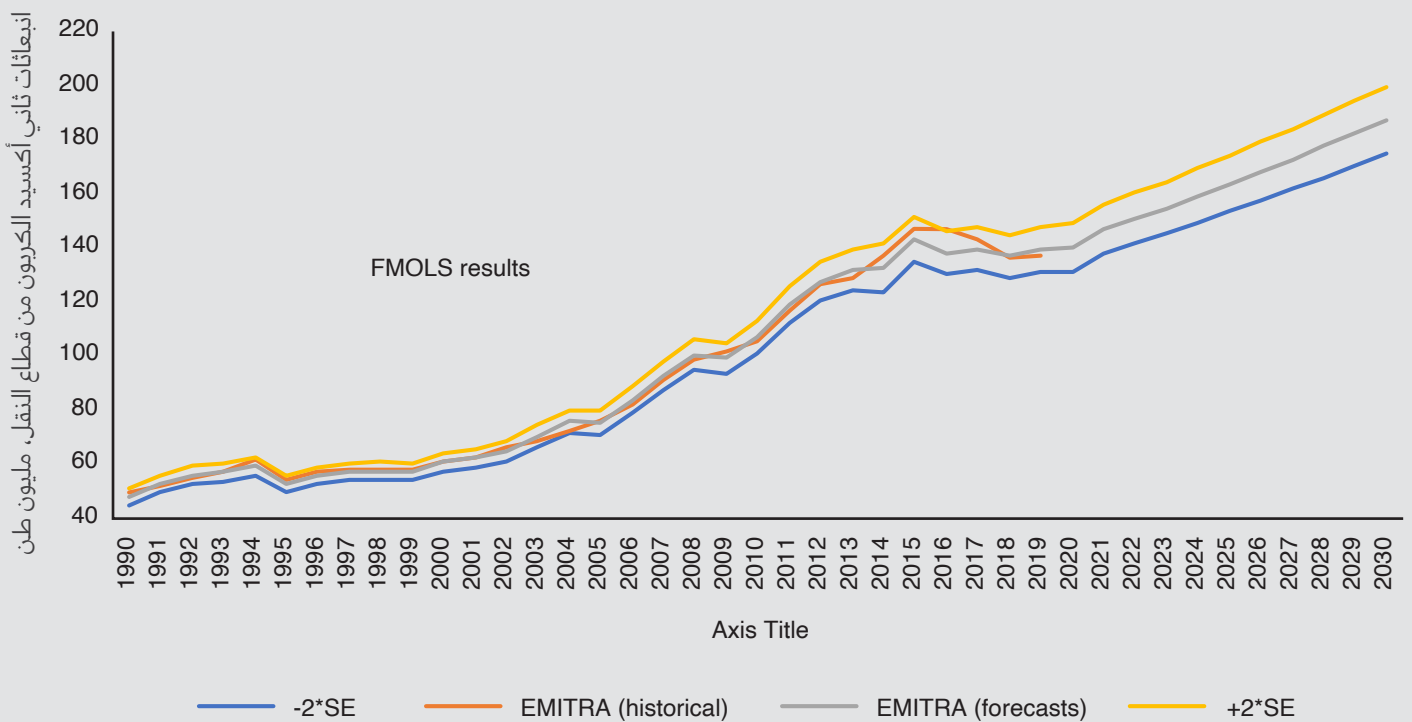
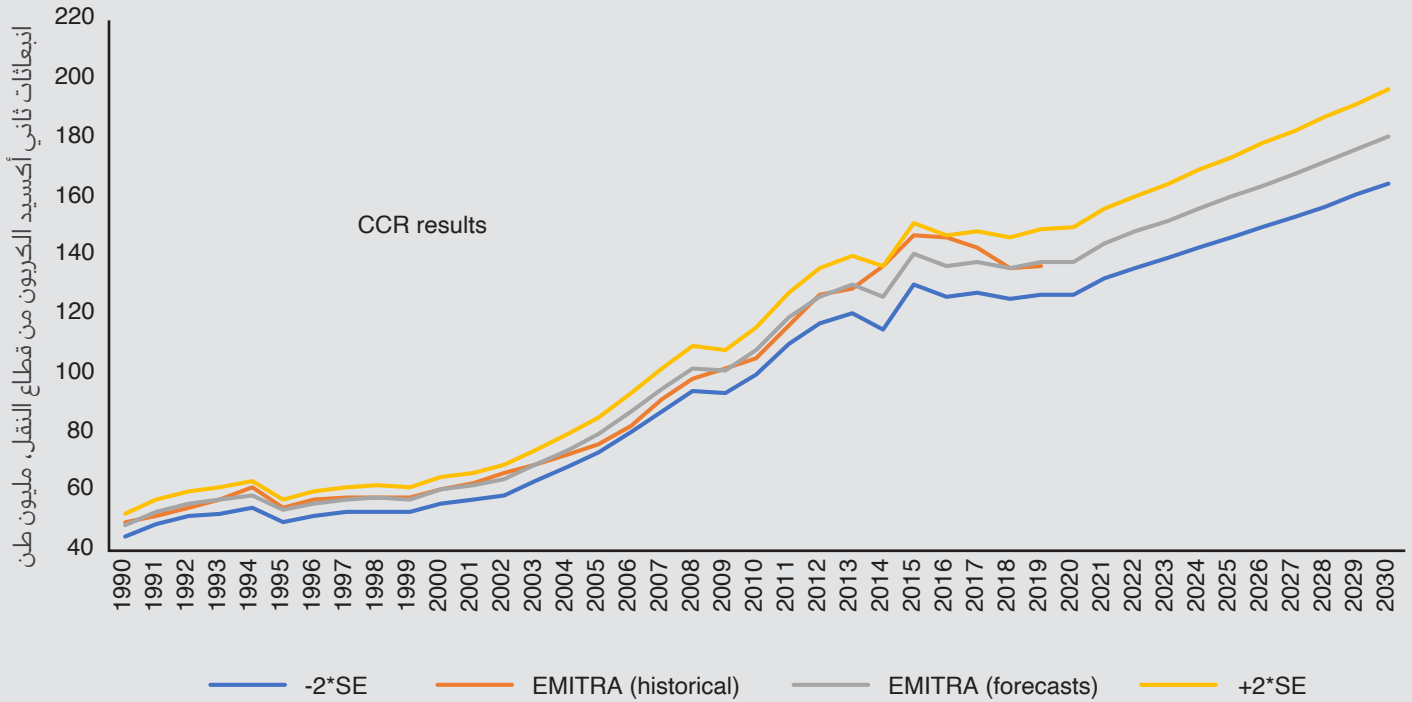
المصدر: المؤلفون

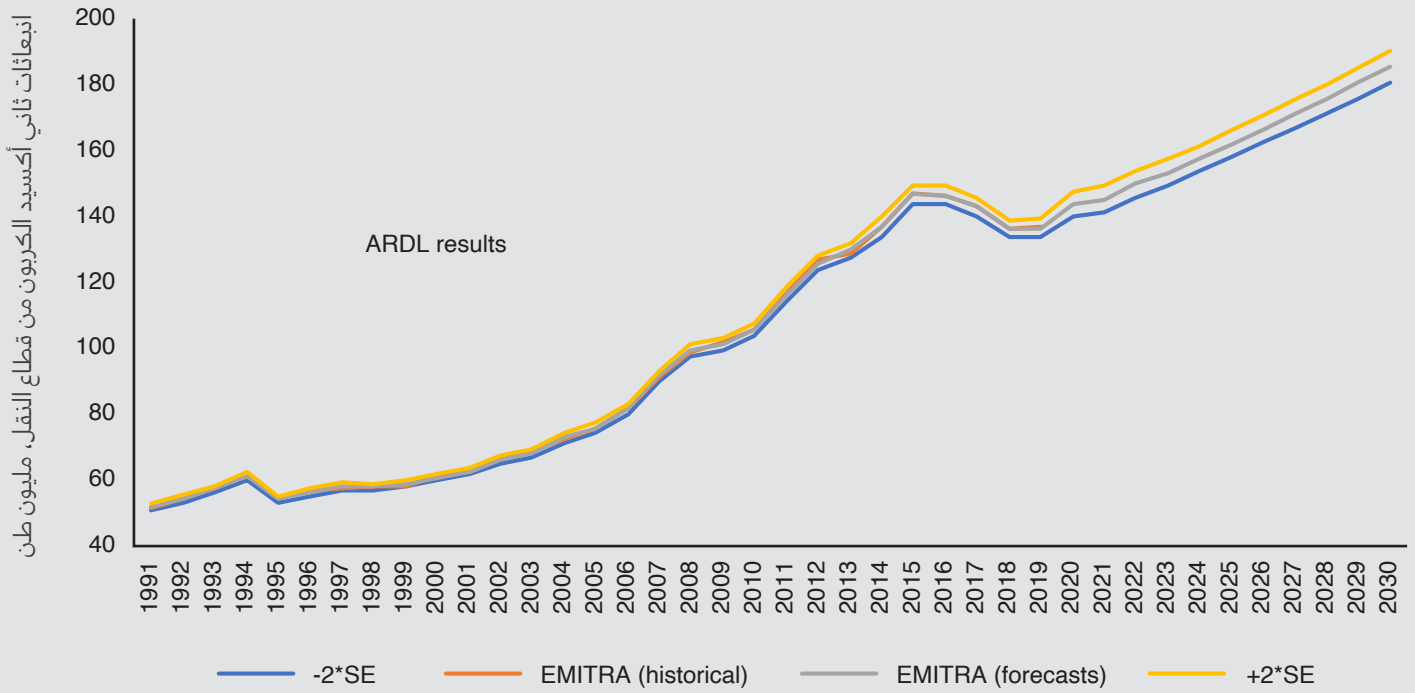
## الجدول A2. افتراضات التنبؤ.

| معدل حصة البنزين | السكان والأشخاص | متوسط سعر الوقود (ريال/طن من المكافئ النفطي) | الناتج المحلي الإجمالي، مليون ريال بأسعار عام 2010 |      |
|------------------|-----------------|--|--|------|
| 0.52             | 34813867        | 1391.08                                      | 2531405.40   | 2020 |
| 0.52             | 35367883        | 1438.99                                      | 2648514.64   | 2021 |
| 0.52             | 35930716        | 1488.63                                      | 2747975.32   | 2022 |
| 0.52             | 36502505        | 1540.05                                      | 2843563.76   | 2023 |
| 0.52             | 37083394        | 1593.32                                      | 2927922.01   | 2024 |
| 0.52             | 37673527        | 1648.52                                      | 2999713.02   | 2025 |
| 0.52             | 38273051        | 1705.72                                      | 3064338.61   | 2026 |
| 0.52             | 38882115        | 1764.99                                      | 3126462.74   | 2027 |
| 0.52             | 39500872        | 1826.41                                      | 3189875.80   | 2028 |
| 0.52             | 40129476        | 1890.06                                      | 3256228.50   | 2029 |
| 0.52             | 40768083        | 1956.03                                      | 3323787.79   | 2030 |

المصدر: المؤلفون

الشكل A1. نتائج التنبؤ الخاصة بنهج (انحدار التكامل المشترك المعياري وطريقة المربعات الصغرى العادية المعدلة بالكامل والانحدار الذاتي للإبطاء الموزع).







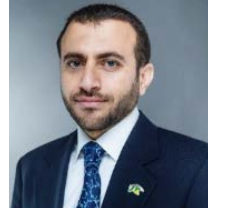




## عن المؤلفين

### سعد الذئناق

عالم في معهد قطر لبحوث البيئة والطاقة التابع لجامعة حمد بن خليفة ، وخبير في مجال البيئة والطاقة يتمتع بمهارات بحثية كمية ونوعية كبيرة مثل النمذجة الاقتصادية القياسية والتنبؤ على المدى القصير والبعيد، وتحسين النماذج والتحليل المالي وتحليل المخاطر. كما أن لديه سجل حافل في مجال سياسات وتكنولوجيا الطاقة والمياه، وعمل لأكثر من 15 عامًا في المؤسسات البحثية والخدمات الاستشارية ولدى السلطات المحلية والمنظمات غير الحكومية في الولايات المتحدة الأمريكية ومنطقة الشرق الأوسط. وحاصل على درجتي الماجستير والدكتوراه من جامعة تكساس إيه اند ام.



### جيهون ميكايوف

زميل باحث في مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك)، ويتولى قيادة مشروع نمذجة استهلاك الطاقة وآثاره على المملكة العربية السعودية، وتشمل مجالات اهتماماته البحثية الأساسية على سبيل المثال لا الحصر، تطبيق السلسلة الزمنية للاقتصاد القياسي، واقتصاديات الطاقة والبيئة، والتنمية المستدامة. كما أنه حاصل على درجة الدكتوراه في الرياضيات التطبيقية.



### روبال دووا

زميل باحث في مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) ويعمل على وضع السياسات التنظيمية المتعلقة بالمركبات، وإجراء البحوث المتصلة بالنقل من منظور المستهلك. حاصل على درجة الدكتوراه من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية بالمملكة العربية السعودية، ودرجة الماجستير من جامعة بنسلفانيا، ودرجة البكالوريوس في التكنولوجيا من المعهد الهندي للتكنولوجيا (روركي).



## حول المشروع

يهدف مشروع نمذجة استهلاك الطاقة وآثاره المترتبة على المملكة العربية السعودية إلى القيام بأنشطة بحثية واستشارية تطبيقية تصب تركيزها على وضع نماذج ومؤشرات للتنبؤ باستهلاك الطاقة وتأثيراتها في المملكة العربية السعودية، تتماشى مع سياسات الطاقة الجاري تطبيقها في المملكة، ويركز هذا المشروع على ثلاث مجالات رئيسية، على النحو التالي:

- وضع نماذج لمؤشرات استهلاك الطاقة والتنبؤ بها.
- وضع نماذج للآثار البيئية لاستهلاك الطاقة والتنبؤ بها.
- دراسة مسارات وإمكانات كفاءة استخدام الطاقة.



[www.kapsarc.org](http://www.kapsarc.org)