

دراسة العلاقة بين التطور التكنولوجي والنمو الاقتصادي باستخدام سببية Toda-Yamamoto
(دراسة حالة سنغافورة)

**Studying the relationship between technological development and
economic growth using Toda-Yamamoto causality
(Singapore case study)**

فراحي وهيبية، مخبر الأنظمة المالية والمصرفية والسياسات الاقتصادية الكلية في ظل التحولات العالمية، جامعة حسبية بن

بوعلي-الشلف- (الجزائر)، frahi3wahiba@gmail.com

تاريخ النشر: 2023/12/28

تاريخ القبول: 2023/08/12

تاريخ الاستلام: 2023/05/29

ملخص:

هدفت الدراسة إلى اختبار العلاقة السببية بين النمو الاقتصادي والتطور التكنولوجي في سنغافورة خلال الفترة (1996-2021)، وذلك باستخدام سببية Toda & Yamamoto. توصلت الدراسة إلى وجود علاقة سببية خطية طويلة الأجل ثنائية الاتجاه بين النمو الاقتصادي والمعبر عنه بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ونفقات البحث والتطوير، ووجود سببية خطية طويلة الأجل أحادية الاتجاه من طلبات تسجيل براءات الاختراع إلى النمو الاقتصادي. كلمات مفتاحية: نمو اقتصادي، تطور تكنولوجي، نفقات بحث والتطوير، طلبات تسجيل براءات اختراع، منهجية Toda & Yamamoto. تصنيفات JEL: O49، O30، O32، O38، O59.

Abstract:

The study aimed to test the causal relationship between economic growth and technological development in Singapore during the period (1996-2021), using Toda & Yamamoto causality.

The study concluded that there is a bidirectional long-term linear causal relationship between economic growth expressed in per capita GDP and research and development expenditures, and there is a one-way long-

term linear causal relationship from patent applications to economic growth.

Keywords: Economic growth; technological development; research and development expenditures; patent applications; Toda & Yamamoto methodology.

Jel Classification Codes: O49, O30, O32, O38, C59.

1. مقدمة:

إن سنغافورة اليوم أصبحت من أهم رواد الثورة الصناعية الرابعة التي يشهدها العالم حالياً، ويظهر ذلك من خلال احتلالها للمراكز الأولى في المؤشرات العالمية المتعلقة بالتطور التكنولوجي، ويعود الفضل في ذلك إلى تطور السياسة العامة للبلاد في مجال التكنولوجيا والابتكار. إن سنغافورة كانت تعاني بالأمس من اقتصاد منخفض الدخل وغير صناعي، بالإضافة إلى نقص الموارد الطبيعية والمستويات المرتفعة للبطالة، وهذا ما دفع صانعي القرار إلى التركيز على سياسات العلم والتكنولوجيا والابتكار، وكان ذلك من خلال تسطير خطط طويلة الأمد تتخطى التركيز على النمو الاقتصادي البحث وإنما أيضاً نحو تحقيق نمو مستدام وشامل، ليشمل أيضاً الأهداف الاجتماعية والبيئية.

انتهجت سنغافورة العديد من البرامج والمبادرات المهمة والتي تندرج ضمن التخطيط الاستراتيجي لتعزيز انطلاقة الدولة نحو تطبيق التكنولوجيات الحديثة والذكاء الاصطناعي، ومن بين هذه المبادرات: "مبادرة الأمة الذكية" "Smart Nation Singapore" سنة 2015، "مبادرة مهارات المستقبل" "Skills Future". تلعب مراكز البحث والتطوير في سنغافورة دوراً هاماً في تحقيق التطور التكنولوجي الحاصل اليوم في سنغافورة، حيث يحتل الاستثمار في البحث والتطوير الآن مركز الصدارة باعتباره ركيزة أساسية لإستراتيجية التنمية لسنغافورة وهدفها طويل المدى، لتصبح من بين الدول الأكثر كثافة في البحث والريادة في العالم.

شهدت فترة ما بعد التسعينات في سنغافورة زيادة ملحوظة في مستويات الإنفاق على البحث والتطوير، في البداية كان الهدف تطوير القدرات المحلية وتشجيعها على البحث والتطوير التطبيقي، ثم تطور في السنوات الأخيرة ليقوم بتعزيز إنشاء وتسويق رأس المال الفكري الذي أصبح يدعم النمو الاقتصادي

القائم على المعرفة. شهدت المرحلة الرابعة من التنمية الاقتصادية في سنغافورة ثمار السعي الذي دام عقوداً، حيث شهدت هذه الفترة تحولاً تكنولوجياً واسع النطاق وظهور اقتصاد الأفكار. وأيضاً لا يجب إغناء دور الجامعة التي كان لها دور مهم في التطور التكنولوجي الحاصل في سنغافورة، حيث اهتمت الجامعة بتكوين الطلبة في هذا مجال التكنولوجيات والذكاء الاصطناعي.

من خلال ما تقدم يمكننا طرح التساؤل التالي: " هل توجد علاقة سببية بين التطور التكنولوجي والنمو الاقتصادي في سنغافورة؟"

فرضيات الدراسة: للإجابة على إشكالية البحث اعتماداً على الفرضية التالية:

■ توجد علاقة سببية بين التطور التكنولوجي والنمو الاقتصادي في سنغافورة.

أهداف الدراسة: تهدف الدراسة إلى تسليط الضوء على التطور التكنولوجي الحاصل في سنغافورة، كمثال لاقتصاد تحول من اقتصاد منخفض الدخل إلى اقتصاد أكثر إبداع وثراء في العالم، إلى جانب اختبار العلاقة السببية الخطية طويلة الأجل بين التطور التكنولوجي والنمو الاقتصادي في سنغافورة.

المنهج المستخدم: تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي في الدراسة النظرية لتوضيح الإطار النظري للعلاقة وأيضاً من أجل عرض متغيرات الدراسة، أما الجانب التطبيقي فتم الاعتماد فيه على المنهج الاستقرائي الناقص وذلك بالاعتماد على الأدوات القياسية لمعرفة اتجاه العلاقة بين متغيرات الدراسة بناءً على المعطيات الإحصائية وعلى البرنامج الإحصائي "Eviews 10".

الدراسات السابقة: لقد تعددت الدراسات التي تناولت دراسة العلاقة بين التطور التكنولوجي والنمو الاقتصادي، ولقد كانت نتائج الدراسات مختلفة جميعها تصب في نفس الاتجاه الذي يدعم هذه العلاقة، ومن أهم هذه الدراسات نذكر ما يلي:

دراسة لـ (Murat, 2013): لقد تم من خلال هذه الورقة البحثية دراسة العلاقة السببية بين نفقات البحث والتطوير والنمو الاقتصادي، وذلك من خلال الاعتماد على اختبارات السببية لكل من: غرانجر (Granger) و Toda & Yamamoto. تم الاعتماد على سلاسل زمنية تمثل متغيرات الدراسة

والمترتبة بتسع دول أوروبية تغطي الفترة من 1981 إلى 2008. أظهرت النتائج التجريبية اعتماداً على اختبار غرانجر إلى وجود علاقة سببية تتجه من نفقات البحث والتطوير إلى النمو الاقتصادي لكل من (فندا، فرنسا والدنمارك) وعدم تحقق العلاقة السببية المترتبة من النمو الاقتصادي إلى نفقات البحث والتطوير في البلدان محل الدراسة، ما عدا الدنمارك فقط التي تحققت فيها السببية في هذا الاتجاه. تم التوصل أيضاً من خلال اختبار Toda & Yamamoto إلى عدم وجود علاقة سببية بين نفقات البحث والتطوير والنتائج المحلي الإجمالي في كل من (هولندا، إيرلندا وإيطاليا)، بينما تحققت العلاقة السببية الثنائية الاتجاه في كل من فنلندا وفرنسا.

دراسة لـ (Salih, 2015) والتي تم من خلال هذه الورقة البحثية دراسة العلاقة السببية بين نفقات البحث والتطوير، طلبات تسجيل براءات الاختراع والنمو الاقتصادي لـ 23 دولة عضو في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) خلال الفترة (1996-2011). تم الاعتماد على طريقة الفروق العامة للعزوم (GMM) واختبار Wald، حيث بينت نتائج تقدير السببية الجماعية علاقة سببية موجبة وثنائية الاتجاه بين نفقات البحث والتطوير والنمو الاقتصادي، وعلاقة سببية أحادية الاتجاه وإيجابية من طلبات تسجيل براءات الاختراع إلى النمو الاقتصادي.

دراسة لـ (Igam M, Hsin-Ning, & Pei-Chun, 2018) والتي تعتبر إحدى المحاولات التجريبية الأولى لتحليل كيفية تأثير جانب "التنوع" في التقدم التكنولوجي (أو الابتكار) على الأداء الاقتصادي من خلال النظر في التأثيرات السببية ثنائية الاتجاه المحتملة بين هذين المتغيرين. تم تقدير نموذج الانحدار الذاتي للتأخيرات الزمنية الموزعة لمجموعة بيانات مكونة من 55 دولة، والمترتبة ببيانات براءات الاختراع وبيانات الاقتصاد الكلي. أظهرت النتائج أن التنوع التكنولوجي بشكل عام لا يؤثر بشكل مباشر على النمو الاقتصادي للبلدان المرتفعة الدخل، بينما لوحظ تأثير سلبي للتنوع على نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في البلدان غير مرتفعة الدخل.

دراسة لـ (Ilya & Batuhan, 2019) ولقد تم من خلال هذه الورقة البحثية دراسة العلاقة بين نفقات البحث والتطوير وصادرات منتجات التكنولوجيا العالية التقنية، وذلك باستخدام بيانات

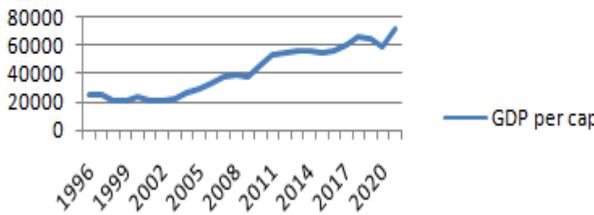
إحصائية لـ 25 دولة عضو في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي للفترة (1997-2016). تم اختبار السببية لغرانجر والتي أظهرت وجود علاقة سببية ثنائية بين نفقات البحث والتطوير ووحدة واحدة على الأقل من صادرات منتجات التكنولوجيا العالية التقنية، ووجود أيضا علاقة سببية ثنائية بين نفقات البحث والتطوير وطلبات تسجيل براءات الاختراع.

2. تطور الناتج المحلي الإجمالي، الإنفاق على البحث والتطوير في سنغافورة

1.2 تطور الناتج المحلي الإجمالي:

من خلال الشكل رقم (01) نلاحظ الارتفاع المستمر لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي خلال الفترة (1996-2021)، حيث ارتفع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي إلى حوالي 13000 دولار أمريكي سنة 1990، وفي سنة 2015 بلغ حوالي 56000 دولار أمريكي، أي ما يقارب نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في كل من ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية، ثم بلغ في سنة 2021 حوالي 73000 دولار أمريكي.

الشكل 1: تطور نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي
لسنغافورة خلال الفترة (1996-2021)



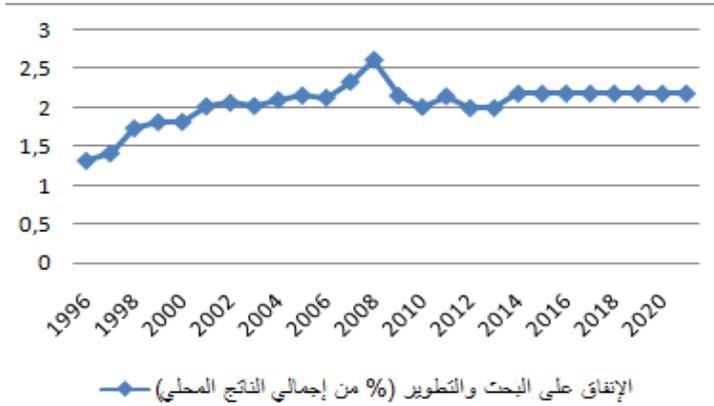
المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على إحصائيات البنك الدولي.

2.2 تطور الإنفاق على البحث والتطوير:

إن سنغافورة عملت على تحقيق ثورة علمية وتكنولوجية، من خلال دعم الاستثمارات الكبيرة في مجال العلم والابتكار ووضع السياسات الملائمة لدعم الابتكار. تخصص سنغافورة ميزانية هامة للبحث

والتطوير قريبة من متوسط البلدان ذات الدخل المرتفع أو أكبر منه، وهذا ما نتج عنه ظهور براءات اختراع مهمة. يتم جمع البيانات المتعلقة بالبحث والتطوير (R & D) في سنغافورة من خلال المسح الوطني للبحث والابتكار والمشاريع (RIE)، والذي يتم إجراؤه سنويًا بواسطة وكالة العلوم والتكنولوجيا والبحث (A * STAR)، حيث يشمل أنشطة الابتكار والبحث والتطوير في القطاعين الحكومي والخاص ومعاهد البحث العامة ومعاهد التعليم العالي. الملاحظ أن الإنفاق على البحث والتطوير قد نما إلى أكثر من 2% من الناتج المحلي الإجمالي (2.6%) في سنة 2008، وهي أعظم قيمة بلغها الإنفاق على البحث والتطوير.

الشكل 2: تطور الإنفاق على البحث والتطوير في سنغافورة خلال الفترة (1996-2021)



المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على إحصائيات البنك الدولي.

3. سنغافورة والذكاء الاصطناعي

تمتد جهود تطبيق الذكاء الاصطناعي في سنغافورة من قبل عدة سنوات خلت، أين بدأت سنغافورة في استكشاف كيفية استخدام روبوتات المحادثة في عام 2016، ثم أنشأت الحكومة السنغافورية بعد ذلك مجموعة من الإرشادات تسمى "AI Verify" سنة 2019، وهي أول مبادئ توجيهية أخلاقية للذكاء الاصطناعي في آسيا. تمتلك سنغافورة نظامًا قويًا لإنشاء واستخدام الذكاء الاصطناعي في جميع الصناعات الرئيسية، ومن بين الأمثلة على استخدامات الذكاء الاصطناعي نذكر ما يلي:

1.3 استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم (AI in education):

تستخدم سنغافورة الذكاء الاصطناعي كأداة تعليمية، وليس مجرد أداة تكنولوجية في التعليم وذلك من خلال مراكز البحث مثل مركز الذكاء الاصطناعي لتقنيات التعليم (AICET)، بالإضافة إلى ذلك

تطلق وزارة التعليم مشاريع الذكاء الاصطناعي لتحسين نظام التعليم، ومن بين أحد الأمثلة على ذلك هو تصميم خطط التعلم المخصصة لدعم سلوكيات التعلم وتفضيلات كل طالب.

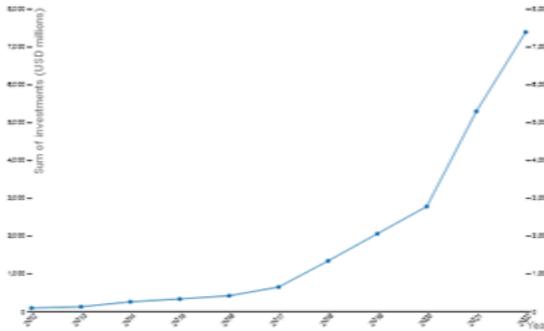
2.3 إدخال الذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية (AI in healthcare):

تستفيد سنغافورة من الذكاء الاصطناعي من أجل مكافحة المخاوف بشأن شيخوخة السكان ونقص القوى العاملة في مجال الرعاية الصحية. فعلى سبيل المثال، تركز سنغافورة على الوقاية من السقوط لكبار السن، حيث كل سنة يتم إدخال حوالي 8000 شخص من كبار السن السنغافوريين الذين تتراوح أعمارهم ما بين 65 سنة فما فوق إلى المستشفيات بسبب السقوط. ومن أجل ذلك تم تطوير منصة فحص باستخدام الذكاء الاصطناعي لتصميم تدخلات مستهدفة خاصة بكل من كبار السن، والتي يمكن من خلالها منع مثل هذه الحوادث.

3.3 استخدام الذكاء الاصطناعي في التصنيع (AI in manufacturing):

إن الشركات المصنعة تتطلع إلى استخدام الذكاء الاصطناعي لإصلاح الآلات المعقدة، وهذا ما سوف يؤدي إلى زيادة سلامة العمال ويسمح أيضاً من التخلص من المهام المتكررة أو الفوضوية أو الخطرة. إن هذا سوف يخلق فرص عمل جديدة في القطاعات الهامشية مثل اللوجستيات والهندسة، والذي سوف يدعم الاقتصاد و يغيّر أيضاً ممارسات التوظيف المتعلقة بالمهارات المحدودة في القوى العاملة المحلية.

الشكل 3: الاستثمار في مجال الذكاء الاصطناعي



Source : (OECD.AI, AI in Singapore , 2021)

تتمتع الشركات السنغافورية بميزة على نظيراتها الإقليمية من جانب ضمان توافق استخدامات الذكاء الاصطناعي مع قيم واحتياجات الدولة. كانت سنغافورة مدركة أيضًا للحاجة إلى أنظمة بيئية مناسبة لاستخدامات الذكاء الاصطناعي لتجدر وتزدهر، كما يتضح من خطط تطوير منطقة (Punggol) الرقمية بالإضافة إلى النمو في عدد حاضنات ومسرعات التكنولوجيا (Moses, 2023).

4. إستراتيجية سنغافورة للبحث والتطوير

1.4 سنغافورة والابتكار:

يعتبر البحث والابتكار حجر الزاوية في تطور سنغافورة إلى اقتصاد ومجتمع قائم على المعرفة والابتكار، حيث يعتبر عامل تمكين رئيسي للقدرة التنافسية الاقتصادية لسنغافورة ويولد طرقًا جديدة للنمو. بدأت رحلة البحث والتطوير في سنغافورة في عام 1991 من خلال إنشاء المجلس الوطني للعلوم والتكنولوجيا (NSTB)، حيث تم إطلاق أول خطة تقنية وطنية مدتها خمس سنوات. كان الهدف هو تطوير القدرات التكنولوجية المتقدمة لدفع سنغافورة إلى أعلى سلسلة القيمة الاقتصادية، مع قاعدة قوية من العلماء والمهندسين والتقنيين الذين يمكنهم المساعدة في دفع التحول الاقتصادي والمشاريع. تم تحديث هذه الخطة كل خمس سنوات وتهدف إلى دعم سنغافورة في أن تصبح اقتصادًا قائمًا على الابتكار وقائمًا على المعرفة.

تم توسيع استراتيجية البحث والتطوير في سنغافورة في سنة 2010 لتشمل "الابتكار والمؤسسات" "Innovation & Enterprise"، مع رؤية تنموية لاقتصاد قائم على البحث العلمي، الابتكار وريادة الأعمال. لقد استمر تطبيق خطط "البحث والابتكار والمؤسسات" مدة 5 سنوات متتالية. (RIE Ecosystem, 2023)

الشكل 4 : تطور البحث والابتكار والمؤسسات في سنغافورة



Source : (Singapore, 2023)

2.4 تصنيف سنغافورة حسب مؤشر الابتكار:

ذكر رومر (1986) أن النمو الاقتصادي يعتمد على عوامل داخلية وخاصة الابتكار التكنولوجي وأنشطة البحث والتطوير. نظرًا لأن التكنولوجيا هي أحد أهم العوامل التي تحدد القدرة التنافسية للاقتصاد، فإن نفقات البحث والتطوير هي أحد العوامل الرئيسية التي تحدد أداء التجارة الخارجية ونمو الدولة. (Rahul A & Harry, 2009) تمت دراسة العلاقة بين نفقات البحث والتطوير والتكنولوجيا من جوانب مختلفة، حيث أدى تطوير تقنيات التحليل الاقتصادي القياسي وتنوع مصادر البيانات إلى إجراء تحليل أفضل في هذه المجالات. لقد تم التأكيد في العديد من الدراسات العملية على أن القطاعات الأسرع تطوراً في التجارة الدولية هي القطاعات التي تصدر منتجات التكنولوجيا المتقدمة. (Srholec, 2007) تتبع سنغافورة الولايات المتحدة على مستوى العالم وهي في الصدارة العالمية في 11 مؤشراً إجمالاً، بزيادة مؤشر واحد عن عام 2021 بما في ذلك صدارتها في مؤشرات فعالية الحكومة،

والنفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، الكيانات المستثمرة في رأس المال الاستثماري، والتصنيع عالي التقنية.

الجدول 1 : الاقتصاديات الأعلى تصنيفا في مؤشرات الابتكار العالمي 2022

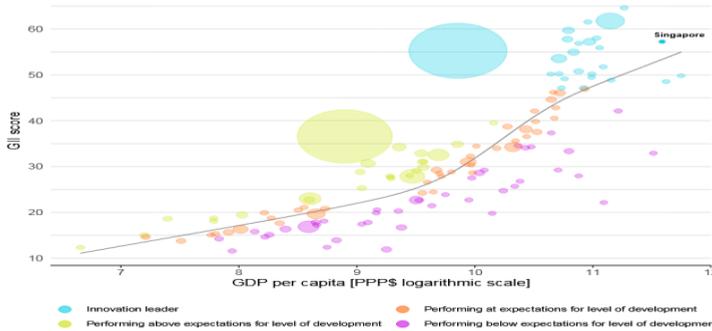
الاقتصاد	المدخلات	المخرجات	المجموع
الولايات المتحدة	9	6	15
سنغافورة	8	3	11
الصين	3	6	9
هونغ كونغ، الصين	6	3	9
إسرائيل	7	2	9
مالطا	4	4	8
جمهورية كوريا	4	3	7
اليابان	3	3	6
قبرص	4	2	6
سويسرا	2	3	5
إستونيا	4	1	5
أيسلندا	3	2	5

المصدر: قاعدة البيانات الخاصة بمؤشر الابتكار العالمي، الويبو، 2022.

Source : (WIPO, Global Innovation Index 2022, 2022)

يوضح الرسم البياني الفقاعي أدناه العلاقة بين مستويات الدخل (نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي) وأداء الابتكار (درجة GII). يعطي خط الاتجاه مؤشرا على أداء الابتكار المتوقع وفقا لمستوى الدخل. الاقتصاديات التي تظهر فوق خط الاتجاه تعمل بشكل أفضل من المتوقع، وتلك التي تقع أسفل الخط تحقق أداء أقل من التوقعات. الملاحظ أن أداء سنغافورة يفوق التوقعات بالنسبة لمستوى تطورها، فهي تقع فوق خط الاتجاه. (Global innovation index 2022 (Singapore), 2022)

الشكل 5 : العلاقة بين الابتكار والنمو الاقتصادي



Source : (WIPO, Global Innovation Index 2022, 2022)

3.4 الجامعة وموقعها من التطور التكنولوجي الحاصل في سنغافورة:

إن سنغافورة لديها مشهد أكاديمي نابض بالحياة مع جامعات عامة وخاصة، أين تعمل وزارة التعليم (MOE) ووزارة القوى العاملة (MOM) ووزارة التجارة والصناعة (MTI) عن كثب مع هذه المؤسسات لتعزيز فرص العمل وسبل العيش. تم إطلاق مخطط يسمى (Corp Lab @ University) في عام 2013 من قبل (National Re- search Foundation (NRF)) والذي يسمح بإنشاء مختبرات الشركات في الجامعات. (Haridas, 2018)

إن الجهات البحثية العامة الرئيسية في سنغافورة هي معاهد التعليم العالي (IHLs)، والمؤسسات المختلفة التابعة لوكالة العلوم والتكنولوجيا والبحوث (A * STAR) ومؤسسات البحث العامة الأخرى. إن كل من جامعة نانيانغ التكنولوجية (NTU) (Nanyang Technological University) وجامعة سنغافورة الوطنية (NUS) (National University of Singapore) ليستا مجرد جامعتين لتعليم الشباب في سنغافورة، ولكنهما أيضًا لاعبان استراتيجيان رئيسيان في صنع سنغافورة وإدخالها في غمار السباق العالمي للابتكار. نلاحظ من خلال ترتيب الجامعات في سنغافورة بأن المراتب الأولى تعود إلى الجامعات التكنولوجية، وهذا ما يمكن ملاحظته من خلال الجدول التالي لترتيب الجامعات :

الجدول 2: ترتيب QS (Quacquarelli Symonds) للجامعات

University	Score	Rank
NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	93.8	11
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	90.8	12
SINGAPORE MANAGEMENT UNIVERSITY	23.5	511-520

Source: QS Quacquarelli Symonds Ltd (<https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2022>).
Note: QS Quacquarelli Symonds Ltd annually assesses over 1,200 universities across the globe and scores them between [0,100].
Ranks can represent a single value 'x', a tie 'x-x' or a range 'x-y'.

Source : (WIPO, Globa Innovation Index 2022, 2022)

5. تأثير التطور التكنولوجي على النمو الاقتصادي في سنغافورة (دراسة العلاقة وفق منهجية Yamamoto and Toda

قدم غرانجر سنة 1969 مفهوم السببية قي القياس الاقتصادي، ويمثل هذا المفهوم فكرة أساسية لدراسة العلاقات الديناميكية بين السلاسل الزمنية، في جوهرها تحاول سببية Granger اختبار ما إذا كانت متغيرة تحتوي على معلومات تساعد على تحسين التوقع لمتغيرة أخرى. (شيخي، 2012) كما أن صلاحية هذا الاختبار مشروطة باستخدام سلاسل زمنية مستقرة ووجود تكامل مشترك بين المتغيرات، وبعبارة أخرى، عند استخدام سلاسل زمنية غير مستقرة لاختبار سببية Granger فإن احصائية اختبار Wald لاختبار القيود الخطية على معلمات نموذج VAR لا تتبع التوزيع التقاربي المعروف (χ^2) تحت الفرض الضفري). وبالتالي فإن اختبار Wlad العادي لا يصلح لاختبار سببية Granger الخطية. (Azadeh, Ba M, & Lavoie, 2017) ولمعالجة هذه النقائص، قدم Toda & Yamamoto سنة 1995 اعتمادا على نموذج augmented VAR إحصائية اختبار Wald المعدلة (MWald) لاختبار السببية الخطية على المدى الطويل.

تتضمن منهجية (Toda and Yamamoto, 1995) تحديد أعظم درجة تكامل (d_{max}) للسلاسل قيد الدراسة باستخدام اختبارات جذر الوحدة، ثم تقدير نموذج VAR عند المستوى (باستخدام السلاسل الزمنية الأصلية) ومن ثم تحديد درجة التأخير المثلى (K) باستخدام معايير المعلومات، حيث تعتبر هذه الخطوة مهمة لتفادي السببية الزائفة أو عدم وجود سببية، ثم يتم تقدير نموذج Augmented Var ($K + d_{max}$) واستخدام احصائية اختبار Wald المعدلة (MWald) لاختبار القيود الخطية على معاملات النموذج ($K + d_{max}$) Augmented Var، حيث تتبع احصائية اختبار (MWald) التوزيع التقاربي χ^2 بدرجة حرية K . وبالتالي يمكن تطبيق منهجية (Toda & Yamamoto, 1995)(T-Y, 1995) بغض النظر عن درجة تكامل السلسلة.

فيما يتعلق بتقدير نموذج VAR عند المستوى الموسع ستحدد شروط الاستقرار للسلاسل عدد التأخيرات التي سيتم إضافتها إلى نموذج VAR. وللتوضيح فإن اختبار العلاقة السببية بين سلسلتين X_t و

Y_t بمفهوم (T-Y) يعرف من خلال النموذج التالي: (Alexandru, Ion, & Catalin, 2011)

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^K \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=K+1}^{K+d_{max}} \beta_{2j} Y_{t-j} + \sum_{i=1}^K \phi_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=K+1}^{K+d_{max}} \phi_{2j} X_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$X_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^K \alpha_{1i} X_{t-i} + \sum_{j=K+1}^{K+d_{max}} \alpha_{2i} X_{t-j} + \sum_{i=1}^K \gamma_{1i} Y_{t-i} + \sum_{j=K+1}^{K+d_{max}} \gamma_{2j} Y_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

حيث: ε_{1t} و ε_{2t} حد الخطأ العشوائي، حيث يفترض أنها ضجة بيضاء بمتوسط معدوم وتباين ثابت وغير مرتبطة ذاتيا، وتمثل المعادلة الأولى اتجاه السببية من X إلى Y بشرط أن $\forall_i \phi_{2j} \neq 0$ ، أما المعادلة الثانية فتشير إلى اتجاه السببية من Y إلى X بشرط $\forall_i \gamma_{1i} \neq 0$.

1.5 دراسة وصفية لمتغيرات الدراسة:

إن الفترة الزمنية المستخدمة تمتد من سنة 1996 إلى سنة 2021، حيث تم الاعتماد على بيانات النمو الاقتصادي والمعبر عنه بـ "نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي"، "معدل الإنفاق على البحث والتطوير"، "طلبات تسجيل براءات الاختراع" والتي تم التحصل عليها من قاعدة بيانات البنك الدولي.

الجدول 3: الخصائص الإحصائية لمتغيرات الدراسة

المتغير	رمزه	المتوسط الحسابي (\bar{X})	الانحراف المعياري (σ)	أعظم قيمة (X_{max})	أدنى قيمة (X_{min})
النمو الاقتصادي	PGDP	42633.05	17068.44	72794.0	21700.02
الإنفاق على البحث والتطوير	SRD	2.05	0.26	2.62	1.31
طلبات تسجيل براءات الاختراع	PA	945.73	508.60	1790.00	224.0

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على إحصائيات الدراسة.

2.5 دراسة استقرارية السلاسل الزمنية:

تم دراسة استقرارية السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة من خلال اختبار *Phillips Perron* (1988)، وذلك من أجل تحديد درجة التكامل القصوى (d_{max}). أظهرت نتائج الاختبار أن السلاسل الزمنية متكاملة من الدرجة 1، وبالتالي فإن $d_{max} = 1$.

الجدول 4: نتائج اختبار الاستقرارية لـ PP

	عند المستوى			عند الفرق الأول		
	مع الثابت	الثابت والاتجاه العام	بدون ثابت	مع الثابت	الثابت والاتجاه العام	بدون ثابت
PGDP	0.99	0.19	0.99	0.01	0.03	0.00
SRD	0.00	0.01	0.89	0.00	0.00	0.00
PA	0.97	0.72	0.99	0.00	0.00	0.00

ملاحظة: القيم في الجدول تمثل الاحتمال المقابل لإحصائية الاختبار، * معنوي عند مستوى معنوية 10%، ** معنوي عند مستوى معنوية 5%، *** معنوي عند مستوى معنوية 1%.

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على إحصائيات الدراسة.

3.5 تحديد درجة التأخير المثلى:

تجدر الإشارة إلى أنه يتم تقدير نموذج (VAR) عند المستوى الخاص بمتغيرات الدراسة ثم يتم تحديد درجة التأخير المثلى (K)، ويتم ذلك من خلال استخدام عدة معايير للمعلومات (AIC, SIC, HQ, FPE, LR). تظهر نتائج الجدول أدناه أن درجة التأخير المثلى لنموذج (VAR) المقدر هي الدرجة 5، ومنه فإن $K = 5$ وبذلك يكون الشرط محققاً أي أن: $K \geq d_{max}$.

الجدول 5: تحديد درجة التأخير المثلى لنموذج VAR

AIC	SIC	HQ	FPE	LR	التأخير
34.28	34.43	34.30	$1.56.10^{11}$	NA	0
29.91	30.51	30.01	$2.01.10^9$	88.82	1
29.93	30.97	30.15	$2.7.10^9$	11.79	2
29.57	31.06	29.89	$1.08.10^9$	13.40	3
28.00	29.94	28.42	$5.45.10^8$	*19.40	4
*25.58	*27.97	*26.10	*1.09.10^8	16.37	5

المصدر: من إعداد الباحثة اعتماداً على برنامج *Eviews 10*.

نضيف استباقاً إلى عرض نتائج اختبار السببية لـ Toda & Yamamoto القيام بكل من تقدير مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة، وذلك من أجل رؤية مدى الارتباط بين المتغيرات من الناحية الإحصائية. يظهر من خلال مصفوفة الارتباط أن هناك ارتباط قوي بين متغيرات الدراسة.

الجدول 6: مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

	PGDP	SRD	PA
PGDP	1.00	/	/
SRD	0.47	1.00	/
PA	0.94	0.54	1.00

المصدر: من إعداد الباحثة اعتماداً على برنامج *Eviews 10*.

4.5 نتائج اختبار السببية الخطية طويلة الأجل (Toda & Yamamoto):

بعد أن قمنا بتحديد درجة تكامل متغيرات الدراسة (d_{max}) وتحديد درجة التأخير المثلى (K)، وبعد تقدير نموذج (Augmented VAR ($K + d_{max}$))، حيث (Augmented VAR (5+1))، نتنقل إلى اختبار السببية (TY, 1995) التي نلخص نتائجها في الجدول التالي:

الجدول 7: نتائج اختبار السببية لـ *Toda & Yamamoto*

K	d _{max}	المتغيرات التابعة	Stat	المتغيرات المستقلة		
				PGDP	SDR	PA
5	1	PGDP	χ^2	-	101.13 ***0.000	7.41 0.19
			Prob			
		SDR	χ^2	23.36 ***0.000	-	16.32 ***0.006
			Prob			
		PA	χ^2	9.41 *0.09	20.21 ***0.001	-
			Prob			

ملاحظة: *، ** و *** تشير إلى المنوية عند المستويات 10%، 5% و 1% على التوالي.

المصدر: من إعداد الباحثة اعتماداً على برنامج *Eviews 10*.

نستنتج من نتائج الجدول أعلاه ما يلي:

- من خلال نتائج الدراسة وجود علاقة سببية طويلة الأجل ثنائية الاتجاه بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ونفقات البحث والتطوير، حيث يتطابق هذا مع الفرضية النظرية والتي تنص بأن نفقات البحث والتطوير من شأنها أن تؤثر إيجاباً على النمو الاقتصادي من خلال زيادة الابتكارات والاختراعات وبالتالي زيادة الإنتاجية، وبالمقابل ارتفاع النمو الاقتصادي يعني ارتفاع مداخيل الدولة وبالتالي سوف تتمكن من تمويل وتغطية نفقات البحث والتطوير؛
- وجود سببية خطية طويلة الأجل أحادية الاتجاه تمتد من طلبات تسجيل براءات الاختراع إلى نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وهذا لا يتعارض مع الفرضية النظرية، حيث يظهر ذلك من خلال الأثر الإيجابي للاختراعات والابتكارات التي سوف تحقق مداخيل مهمة للدولة سواءً من خلال تصديرها أو مساهمتها الفعالة في العملية الإنتاجية، أو من خلال تدنيتها للتكاليف الإنتاجية. يظهر ذلك جلياً من خلال ظهور الروبوتات والأتمتة التي ساهمت في تحقيق معدلات نمو مهمة في سنغافورة وغيرها من البلدان الداعمة لرأس المال الفكري؛
- وجود سببية خطية طويلة الأجل ثنائية الاتجاه بين طلبات تسجيل براءات الاختراع ونفقات البحث والتطوير، حيث يبدو ذلك منطقياً والذي يعني أن زيادة الاختراعات والابتكارات تؤدي إلى زيادة النفقات المخصصة للبحث والتطوير، وبالمقابل يؤدي تشجيع الدولة والهيئات الداعمة لأنشطة البحث والتطوير إلى ظهور الاختراعات والابتكارات الجديدة.

6. خاتمة:

لقد حاولنا من خلال هذه الدراسة البحث في العلاقة الموجودة بين النمو الاقتصادي والتطور التكنولوجي لحالة سنغافورة، من خلال دراسة العلاقة بين النمو الاقتصادي المتمثل في مؤشر نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وكل من نفقات البحث والتطوير وطلبات تسجيل براءات الاختراع خلال الفترة (1996-2021)، وتم دراسة حالة سنغافورة باعتبارها دولة نموذج يحتذى بها اليوم نتيجة التطور الهائل الذي تشهده، وقد تم اختبار هذه العلاقة من خلال الاستعانة بمنهجية السببية لـ Toda & Yamamoto. لقد تم التوصل من خلال نتائج الدراسة إلى وجود علاقة سببية قوية بين متغيرات (نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ونفقات البحث والتطوير وطلبات تسجيل براءات الاختراع)، كما تم التوصل أيضاً إلى وجود علاقة سببية إيجابية ثنائية الاتجاه بين النمو الاقتصادي ونفقات البحث والتطوير وعلاقة سببية إيجابية أحادية الاتجاه من طلبات تسجيل براءات الاختراع إلى النمو الاقتصادي، بالإضافة إلى وجود علاقة ثنائية الاتجاه بين نفقات البحث والتطوير وطلبات تسجيل براءات الاختراع.

على ضوء نتائج الدراسة يمكن القول بأنه من المهم للبلدان التي تهدف إلى تحقيق معدل نمو مستدام ومرتفع، أن تقوم بتخصيص المزيد من الموارد لأنشطة البحث والتطوير وإنشاء نظام براءات اختراع فعال. كما يجب أن تهتم جميع الدول بالتكنولوجيات الحديثة والرقمنة والذكاء الاصطناعي، وذلك من خلال إدخال هذه التوجهات في الجامعات والمعاهد والتي سوف تقدم لاحقاً مخرجات سواءً بشرية أو فكرية تساهم في تعزيز النمو الاقتصادي القائم على المعرفة والبحث وعدم الاعتماد على المورد الواحد أو غير متجدد، كما هو الحال بالنسبة للجزائر والدول المعتمدة على المورد الوحيد.

7. قائمة المراجع:

1. Alexandru, A. A., Ion, D., & Catalin, C. G. (2011). The causal relationship between unemployment rate and US shadow economy, a Toda-Yamamoto approach. *Proceedings of the 5th international conference on Applied mathematics-simulation-modellings* (p. 101). World Scientific Engineering Academy and Society (WSEAS).
2. Azadeh, R., Ba M, C., & Lavoie, M. (2017). Linear and nonlinear Granger causality between short-term and long-term interest rate: a rolling-window strategy. *Metroeconomica* , 68 (4), 7.
3. (2022). *Global innovation index 2022 (Singapore)*. World Intellectual Property Day.
4. Haridas, G. (2018). The innovative academic : exploring the role of universities in the national system of innovation of Singapore. 62. Singapore: Nanyang Technological University.
5. Igam M, M., Hsin-Ning, S., & Pei-Chun, L. (2018). Does reverse causality explain the relationship between economic performance and technological diversity. *Technological and Economic Development of Economy* , 24 (03), 861-892.
6. Ilya, S., & Batuhan, T. (2019). The relationship between R&D expenditures and innovation development: a panel analysis for selected OECD countries. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* , 41 (02), 493-502.
7. Moses, K. (2023, 04 28). *Is Singapore ready for Artificial Intelligence (AI)?* Retrieved 05 02, 2023, from <https://www.insights.sg/industry-perspective/is-singapore-ready-for-artificial-intelligence/>
8. Murat, C. (2013). The hypothesis of innovation-based economic growth: a causal relationship. *International Journal of Economic and Administrative Studies* , 6 (11), 1-16.
9. OECD.AI. (n.d.). *AI in Singapore*. Retrieved 05 10, 2023, from <https://oecd.ai/en/dashboards/countries/Singapore>
10. OECD.AI. (2021, 12 10). *AI in Singapore* . Retrieved 05 11, 2023, from <https://oecd.ai/en/dashboards/countries/Singapore>
11. Rahul A, S., & Harry, B. (2009). Business expenditures on R&D and trade performances in Australia: is there a link? *Applied Economics* , 41 (3), 351-361.
12. *RIE Ecosystem*. (2023, 05 15). Retrieved 05 2023, 07, from <https://www.nrf.gov.sg/rie-ecosystem/ecosystem/>

13. Salih, T. (2015). The relationship between R&D expenditures, patent applications and growth: a dynamic panel causality analysis for OECD countries. *Anadolu Universitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16 (1), 39-48.
14. Singapore, N. (2023). *RIE Ecosystem*. Retrieved 05 11, 2023, from <https://www.nrf.gov.sg/rie-ecosystem/ecosystem/>
15. Srholec, M. (2007). High-Tech exports from developing countries : A symptom of technology spurts or statistical illusion? *Review of World economics*, 143 (02), 230.
16. Tian, S., & Villaruel, M. L. (2022). *Economic trends and prospects in developing Asia: Southeast Asia*. Asian Development Bank.
17. Toda, H., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics*, 66 (2), 225-250.
18. WIPO. (2022). *Global Innovation Index 2022*.
19. WIPO. (2022, 09 29). *Global Innovation Index 2022*. Retrieved 05 17, 2023, from https://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2022/article_0011.html
20. محمد شيخي. (2012). طرق الاقتصاد القياسي (محاضرات وتطبيقات) (الإصدار الطبعة الأولى). عمان: دار حامد للنشر.

8. ملاحق:

الملحق 1: الدراسة الوصفية لمتغيرات الدراسة

	PGDP	SRD	PA
Mean	42633.05	2.053436	945.7308
Median	39720.20	2.141915	771.5000
Maximum	72794.00	2.620820	1790.000
Minimum	21700.02	1.318440	224.0000
Std. Dev.	17058.44	0.264612	508.6087
Skewness	0.142205	-1.072165	0.376141
Kurtosis	1.525968	4.979715	1.770548
Jarque-Bera	2.441464	9.227209	2.250604
Probability	0.295014	0.009916	0.324554
Sum	1108459.	53.38934	24589.00
Sum Sq. Dev.	7.28E+09	1.750487	6467071.
Observations	26	26	26

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على برنامج *Eviews 10*

الملحق 2: نتائج اختبار PP لجذر الوحدة

UNIT ROOT TEST RESULTS TABLE (PP)			
Null Hypothesis: the variable has a unit root			
	PGDP	SRD	PA
With Constant	t-Statistic 0.7695 Prob. 0.9917	t-Statistic -6.6197 Prob. 0.0009	t-Statistic -4.3427 Prob. 0.9759
With Constant & Trend	t-Statistic -2.8459 Prob. 0.7957	t-Statistic -4.2978 Prob. 0.0118	t-Statistic -1.9902 Prob. 0.7254
Without Constant & Trend	t-Statistic 2.8973 Prob. 0.9983	t-Statistic 0.8637 Prob. 0.8901	t-Statistic 3.7188 Prob. 0.9998
	ALF test		
With Constant	t-Statistic -3.6706 Prob. 0.0176	t-Statistic -4.8852 Prob. 0.0007	t-Statistic -4.4795 Prob. 0.0018
With Constant & Trend	t-Statistic -3.8387 Prob. 0.0219	t-Statistic -7.9352 Prob. 0.0000	t-Statistic -4.4494 Prob. 0.0009
Without Constant & Trend	t-Statistic -3.0055 Prob. 0.0043	t-Statistic -4.7312 Prob. 0.0000	t-Statistic -2.8487 Prob. 0.0064

Notes:
a: (**) Significant at the 10%; (***) Significant at the 5%; (****) Significant at the 1% and (no) Not Significant
b: Lag Length based on SIC
c: Probability based on MacKinnon (1996) one-sided p-values.

This Result is The Out-Put of Program Has Developed By:
Dr. Imadeldin Al-Nosairah
College of Business and Economics
Qadisia University-IRAQ

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على برنامج *Eviews 10*.

المح 3: اختيار درجة التأخير المثلى

VAR Lag Order Selection Criteria
Endogenous variables: PGDP PA SRD
Exogenous variables: C
Date: 05/14/23 Time: 13:25
Sample: 1996 2021
Included observations: 21

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-357.0071	NA	1.56e+11	34.28639	34.43561	34.31878
1	-302.1465	88.82198	2.01e+09	29.91871	30.51558	30.04825
2	-293.2992	11.79647	2.17e+09	29.93325	30.97778	30.15994
3	-280.5081	13.40014	1.80e+09	29.57220	31.06438	29.89604
4	-255.0429	19.40205*	5.45e+08	28.00409	29.94392	29.42508
5	-220.6557	16.37010	1.09e+08*	25.58721*	27.97469*	26.10536*

* Indicates lag order selected by the criterion
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
FPE: Final prediction error
AIC: Akaike information criterion
SC: Schwarz information criterion
HQ: Hannan-Quinn information criterion

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على برنامج *Eviews 10*.

المح 4: مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

Covariance Analysis: Ordinary
Date: 05/16/23 Time: 12:48
Sample: 1996 2021
Included observations: 26

Correlation Probability	PGDP	SRD	PA
PGDP	1.000000		
SRD	0.475748 0.0140	1.000000	
PA	0.942329 0.0000	0.546500 0.0039	1.000000

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على برنامج *Eviews 10*.

المح 5: نتائج اختبار السببية لـ (Toda & Yamamoto, 1995)

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests
Date: 05/14/23 Time: 13:37
Sample: 1996 2021
Included observations: 21

Dependent variable: PGDP			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
PA	20.21899	5	0.0011
SRD	15.32119	5	0.0060
All	50.68184	10	0.0000

Dependent variable: PA			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
PGDP	101.1317	5	0.0000
SRD	23.26897	5	0.0003
All	132.8434	10	0.0000

Dependent variable: SRD			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
PGDP	7.411317	5	0.1918
PA	9.411064	5	0.0937
All	11.76390	10	0.3012

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على برنامج *Eviews 10*.