هـيـئـة Digital
الحكومة Government
الرقمية Authority

الحوسبة الكمية في القطاع الحكومي

موجز رقمي

4 يونيو، 2024

نوع الوثيقة: موجز رقمي

تصنيف الوثيقة: عام

رقم الإصدار: 1.0

المحتويات

1	الحوسبة الكمية في القطاع الحكومي	3
2	أثر استخدام الحوسبة الكمّية على القطاع الحكومي	4
3	نظرة على حالات استخدام الحوسبة الكمية بحسب تطبيقاتها	5
4	الحوسبة الكمّية وفرص تبنيها في القطاع الحكومي	7
5	استخدام الحوسبة الكمية في القطاع العام – إحصائيات وأرقام	8
6	تحديات استخدام الحوسبة الكمية	9
7	قائمة المراجع	10

الحوسبة الكمية في القطاع الحكومي

نظراً للتقدم الهائل التي توصلت إليه الحوسبة بشكل عام وخصوصاً فيما يعرف بالحوسبة الكمية والإمكانيات المتقدمة في معالجة العمليات والبيانات، دعت إلى التفكير وبشكل جدي في استعراض امكانية تطبيق الحوسبة الكمية وكيف يمكن استثمارها في القطاع الحكومي. كما تدعم الحوسبة الكمية التوجهات الاستراتيجية لاتخاذ قرارات أكثر دقة، وازدياد المسائل التي تتطلب معالجة من حواسيب بمواصفات وإمكانية ضخمة، وخصوصاً في مسائل التشفير وأمن المعلومات والتصنيع واكتشاف الأدوية.

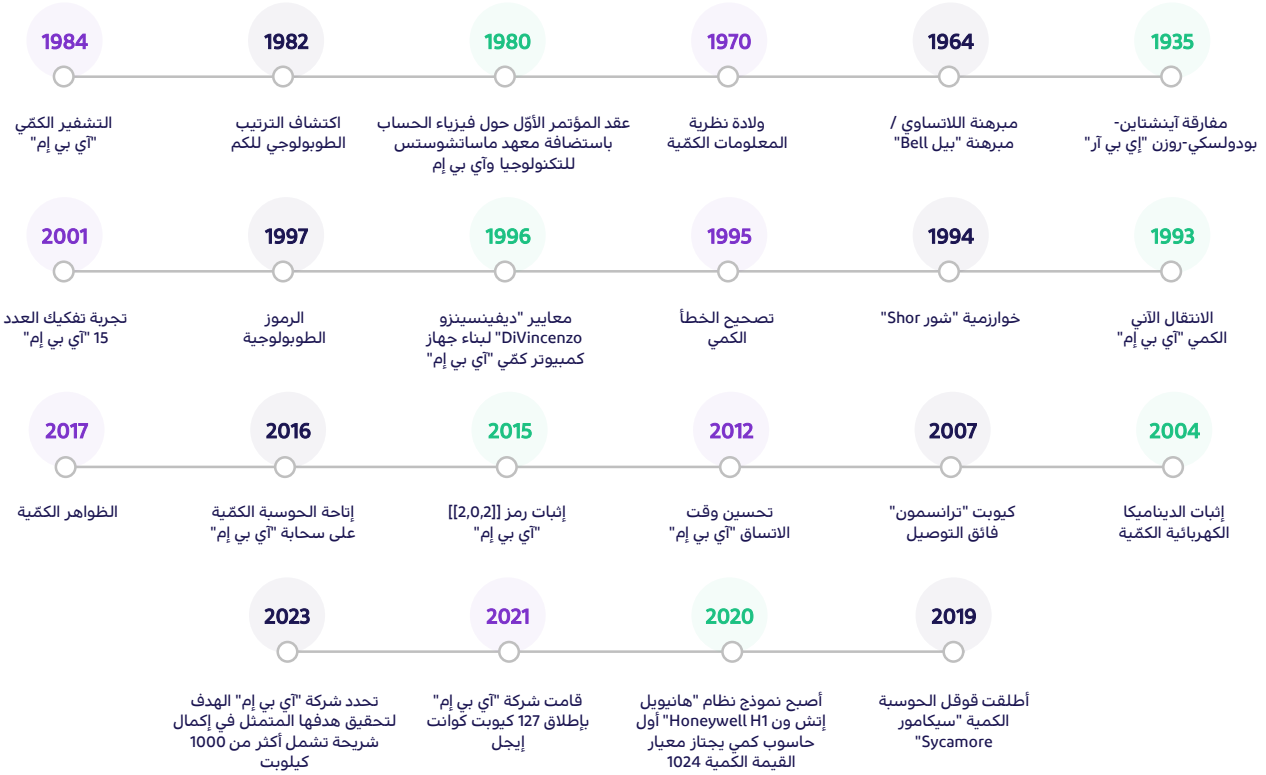
ما المقصود بالحوسبة الكمية؟

الحوسبة الكمية هي نوع من أنواع الحوسبة غير التقليدية، والتي تستخدم مبادئ ميكانيكا الكم لمعالجة المعلومات. فعادة تتولى أجهزة الحوسبة التقليدية تخزين البيانات ومعالجتها في وحدة المعلومات الثنائية (البت)، بافتراض أن القيمة هي إما 0 أو 1. وفي المقابل تستخدم أجهزة الحوسبة الكمية البتات الكمية أو الكيوبايت التي يمكن أن تمثّل القيمتين 0 و 1 معاً. ويُشار إلى ذلك بالتراكب، وهو أحد المبادئ الأساسية التي تعتمد عليها ميكانيكا الكم.

ويُعتبر الترابط أيضاً من المبادئ المهمة لميكانيكا الكم، والمستخدمة في الحوسبة الكمية، وهو يصف الروابط المحتملة ما بين الكيوبايت حتّى ولو فصلت بينها مسافات طويلة. ويسمح الترابط بإنشاء خوارزميات كمية تستطيع حل بعض المشكلات بشكل أسرع من الخوارزميات التقليدية.

الحوسبة الكمية عبر التاريخ

يلخّص الرسم البياني في الشكل (1) أبرز المحطات التاريخية التي سجّلت تطوّراً في هذا المجال:



الشكل (1): تاريخ الحوسبة الكمية

أثر استخدام الحوسبة الكمّية على القطاع الحكومي؟

تقــدّم الحوسبة الكمّيـة عدداً من المنافـع المحتملة للقطـاع الحكـومي، بما في ذلك:

تسريع التحليلات وحل المسائل المعقدة وزيادة دقّتها: تساعد الحوسـبة الكمّيـة فـي الحصـول على تحليلات أدقّ وفي اتّخاذ قرارات أنسب، مقارنة بأجهزة الحوسبة التقليدية.

تعزيز الكفاءة: تسمح الحوسبة الكمّيـة بتحسـين الأنظمـة والعمليـات المعقّـدة، مثـل سلاسـل التوريد وتدفّقات حركة المرور؛ ما يضمن بالتالي تعزيز الكفاءة وتوفير التكاليف.

ترشيد عملية تخصيص الموارد: يمكن اسـتخدام الحوسـبة الكمّيـة لتحليـل كميـات كبيـرة مـن البيانات، وتحديد الأنماط والاتجاهات، وهـذا يسـمح بترشـيد عمليـات تخصـيص المـوارد واتّخـاذ القرارات بفعالية أكبر.

رفع مستوى الأمن السيبراني: تتيح الحوسبة الكمّية تطوير بروتوكولات تشفير أكثر أماناً وقـدرة على مواجهة الهجمات السيبرانية وعلى حمايـة الأنظمـة والمعلومـات الحسّاسـة. وتقـدّم هـذه التقنية المتقدّمة طرقاً جديدة لحماية البيانات الحكومية من الهجمات الإلكترونيـة. ويعـزا ذلـك لتفوّق أجهزة الحوسبة الكمية على أجهزة الحوسبة التقليدية من حيـث السـرعة فـي العمليـات الحسابية، وبالتالي القدرة على تفكيك خوارزميات التشفير التي يستغرق فكّها مليـارات السـنين في الأجهزة التقليدية. لذلك، يتأثّر الأمن السيبراني سـلباً فـي هـذه الحـالات، ممـا يسـهل عمليـة سرقة المعلومات الحسّاسة.

تعزيز السلامة العامة: تسمح الحوسبة الكمّية بمحاكاة ونمذجة سلوك الأنظمة المعقّدة، مثل: أنماط الطقس وتدفّقات حركة المرور، وذلك لفهم التهديدات والمخاطر المحتملة، والاسـتعداد لها بشكل أفضل.

بالتالي، تُعتبر المنافع المحتملـة التـي يمكـن أن تقـدّمها الحوسـبة الكمّيـة للقطـاع العـام كبيـرة ومهمّـة، مـا ينعكس بالتالي إيجاباً على تعزيز الكفاءة وتوفير التكاليف وتحسين النتائج بالنسبة إلى المواطنين. ولكن، مـن الضروري الانتباه إلى أنّ الحوسبة الكمية لا تزال مجالاً نامياً، والأبحاث جارية على عدد كبير من التطبيقـات ذات الصلة بها. لذلك، لا بدّ من التروّي حتى نـتمكّن مـن التمـاس كامـل الأثـر الـذي سـتحدثه الحوسـبة الكمّيـة فـي القطاع العام.

وفي هذا الإطار، يمكن الإشارة إلى التطبيقات المحتملة للحوسبة الكمّيـة والحـالات المسـتخدمة فـي القطـاع العام، وكذلك في عدد كبير من القطاعات والمجالات، بما في ذلك:

نظـرة علـى حـالات اسـتخدام الحوسـبة الكميـة بحسب تطبيقاتها (2/1)

الصحة واكتشاف الأدوية

القطاع: التصنيع، المواد الكيميائية والمستحضرات الصيدلانية

الأثر على الأعمال:

تُعتبر محاكاة سلوك الجزيئات من الجوانب المهمة لاكتشاف الأدوية وعلم المواد. غير أنّ أجهزة الحوسبة التقليدية تعجز عن تقديم محاكاة دقيقة لسلوك الجزيئات ذات عدد الذرات العالي. أمّا أجهزة الحوسبة الكمية فتمتلك القدرة على محاكاة سلوك الجزيئات بآلاف أو حتى ملايين الذرات، ما يفتح أمام القطاعات آفاقاً جديدة في مجالات البحث والاكتشاف، وبالتالي توسيع نطاق المعرفة في إطار إمكانية تطوير علاجات جديدة للأمراض ومواد مبتكرة لاستخدامها في أغراض كثيرة.

- محاكاة التفاعلات الكيميائية وتحسينها
- تسريع اكتشاف الأدوية والمواد الجديدة
- اكتشاف شرائح جديدة تستفيد من الأدوية والمواد المقدّمة بخصائص أفضل
- تقليل الوقت اللازم للاطلاق في الأسواق
- تقليل عدد التجارب الفعلية

إدارة المشاريع

القطاع: الإدارة، التخطيط، التقنية

الأثر على الأعمال:

تتميّز أجهزة الحوسبة الكمية بقدرتها على معالجة المعلومات بكفاءة أكبر، فتمهّد بالتالي الطريق لتخطيط المشاريع وتنفيذها بسرعة أكبر ودقّة أعلى. كذلك، تتفوّق أجهزة الحوسبة الكمية على أجهزة الحوسبة التقليدية في مجالات ومهام مختلفة من ضمنها التخطيط، وتقييم المخاطر، وتخصيص الموارد، وتعزيز الكفاءة، وخفض التكاليف، والاتصالات.

- تحسين محافظ المشاريع
- تحسين إدارة المشاريع
- تعظيم العوائد وتقليل المخاطر

الإنتاج والخدمات اللوجستية

القطاع: التصنيع، التأمين، الجودة

الأثر على الأعمال:

يمكن استبدال أجهزة الحوسبة التقليدية بأجهزة الحوسبة الكمية في هذه القطاعات لفحص المنتجات بدقّة أكبر. فقد أثبت التقدّم التقني قدرته على تغيير قواعد اللعبة بالنسبة إلى المصنّعين، إذ أصبح بإمكانهم رصد العيوب ومعالجتها في مراحل مبكرة، ما يضمن بالتالي تقليل التكاليف وتعزيز رضا العملاء.

- تسريع وتعزيز كفاءة عمليات الإنتاج وإدارة سلاسل التوريد
- رفع مستوى الجودة
- خفض الانبعاثات

نظـرة علـى حـالات اسـتخدام الحوسـبة الكميـة بحسب تطبيقاتها (2/2)

الأمن السيبراني أمن المعلومات

القطاع: التحول الرقمي، الاتصالات

الأثر على الأعمال:

تستطيع الحوسبة الكمية إحداث ثورة في قطاعي الاتصالات والتحوّل الرقمي، وذلك بفضل قدرتها على تعزيز الأمن والكفاءة والنفوذ، وقد يساعد استخدام أجهزة الحوسبة الكمية في تسهيل عملية تطوير خوارزميات الذكاء الاصطناعي المتقدّمة والأكثر كفاءة وفعالية، وبالتالي تطوير تطبيقات مبتكرة تعمل بتقنية الذكاء الاصطناعي.

- حماية البيانات على المدى الطويل
- ضمان الاتصالات الآمنة

الطاقة

القطاع: الإدارة، التخطيط، الاستدامة

الأثر على الأعمال:

يمكن للحوسبة الكمية أن تحدث تغييراً كبيراً وملحوظاً في مجالات الإدارة والتخطيط والاستدامة، إذ تضمن مستوى أعلى من الكفاءة والفعالية والاستدامة. وفي الواقع، يمكن تسخير قوة الحوسبة الكمية لتصميم مواد ومنتجات جديدة مستدامة أكبر، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على البيئة. فعلى سبيل المثال، تُستخدم أجهزة الحوسبة الكمية لتطوير مواد جديدة أكثر فعالية في توصيل الكهرباء، ما يساعد بالتالي في إنتاج بطاريات جديدة وأجهزة أخرى موفّرة للطاقة. كذلك، قد تقدّم الحوسبة الكمية طرقاً جديدة لإدارة الطاقة والموارد، مثل تطوير خوارزميات جديدة لإدارة الطلب، ما يسمح بتقليل استهلاك الطاقة خلال فترات الذروة.

- ترشيد استهلاك الطاقة
- تحسين أنظمة إنتاج وتوزيع الطاقة
- الحد من الهدر وتعزيز الاستدامة

الماليـة

القطاع: التخطيط المالي والمحاسبة

الأثر على الأعمال:

كثيرة هي الجوانب التي تشهد تغيّرات ثورية بفضل الحوسبة الكمية في مجالات التخطيط المالي والمحاسبة. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام أجهزة الحوسبة الكمية لتطوير خوارزميات ونماذج مالية جديدة تتميّز بمستوى أعلى من الدقة والكفاءة. كذلك، تستطيع هذه الأجهزة حلّ المشكلات المالية المعقّدة حتى ولو كانت مستعصية أحياناً. ولم ينتهِ دور الحوسبة الكمية عند هذا الحد، إذ تمتلك أيضًا القدرة على أتمتة المهام اليدوية، مثل تحليل المخاطر وتحسين المحافظ، بالإضافة طبعاً إلى قدرتها على المساعدة في الكشف عن الاحتيال والجرائم المالية الأخرى بسرعة أكبر وبدون عناء.

- تحليل كميات كبيرة من البيانات المالية، مع تحديد الأنماط والاتجاهات التي قد توجّه القرارات الاستثمارية وتثري استراتيجيات إدارة المخاطر.

الحوسبة الكمّية وفرص تبنيها في القطاع الحكومي

يعد مفهوم تبنّي الحوسبة الكمية في القطاع العام في مراحله الأولى، كما حرصت الجهات الحكومية على اكتشاف عدداً من الفرص التي تسمح لها بتطبيق هذه التقنية:

البحث والتطوير

كثيرة هي مؤسسات القطاع العام التي تستثمر في البحث والتطوير في مجال الحوسبة الكمّية، من بينها جهات حكومية ومؤسسات بحثية. ومن خلال المساهمة في تطوير هذه التقنية، تساعد هذه المؤسسات في تشكيل تطبيقاتها ومنافعها المحتملة. وحالياً، هناك 17 دولة فعّلت برامج بحث وتطوير للحوسبة الكمية، بحسب تقرير المنتدى الاقتصادي العالمي.

الشراكات الاستراتيجية

يساعد التعاون وبناء الشراكات بين المؤسسات العامة والخاصة في تسريع تبنّي الحوسبة الكمّية، وذلك بفضل تبادل المعارف والموارد والخبرات. فعلى سبيل المثال، يمكن للحكومات أن تتعاون مع الشركات التقنية لتطوير تطبيقات الحوسبة الكمية وتنفيذها في عدد من المجالات، مثل: الأمن السيبراني، والتحليل المالي.

التدريب والتعليم

بما أن الحوسبة الكمية لا تزال مجالاً جديداً نوعاً ما، قد تواجه القطاعات نقصاً في الخبراء والمتخصصين الماهرين الذين يستطيعون تطوير هذه التقنية وتطبيقها. ولذلك، يمكن للمؤسسات العامة المساعدة في حلّ هذا النقص من خلال الاستثمار في إعداد برامج تدريب وتعليم للكوادر بما يدعم رفع المهارات في الحوسبة الكمّية على نطاق أوسع.

مشاريع إثبات المفهوم

من أجل اختبار إمكانات الحوسبة الكمية في تطبيقات محدّدة، يمكن للمؤسسات العامة تنفيذ مشاريع إثبات المفهوم. فالمشاريع هذه تساعد في تحديد المنافع المحتملة للحوسبة الكمية وكذلك تحديد القيود المفروضة عليها في السيناريوهات الواقعية، ما يقود بالتالي إلى عملية تطوير تطبيقات أكثر تقدّماً.

أطر العمل التنظيمية

بما أن الحوسبة الكمّية تعتبر تقنية جديدة نوعاً ما؛ لذا قليلة هي أطر العمل التنظيمية التي تم إعدادها لحوكمة أو إدارة استخداماتها. ولذلك، يمكن للمؤسسات العامة أن تعمل على وضع تنظيمات ومعايير تضمن استخدام التقنية بشكل أخلاقي ومسؤول، من دون أن تقف في وجه الابتكار والتطوير.

استخدام الحوسبة الكمية في القطاع العام

إحصائيات وأرقام

لم تبلغ الحوسبة الكمّية في القطاع العام مستوى النضج المطلوب حتّى تاريخه. وعلى الرغم من محدودية الأرقام الإحصائية حول استخدامها، نقدّم فيما يأتي بعض الأمثلة عن مؤسسات عامة بدأت باستكشاف هذه التقنية وتطبيقها:

في العام 2020، أعلنت المفوضية الأوروبية عن خططها لاستثمار مليار يورو في تطوير تقنيات الكم، بما في ذلك الحوسبة الكمية. ويهدف هذا الاستثمار إلى دعم أوروبا حتّى تصبح رائدة عالمياً في مجال الحوسبة الكمّية، وكذلك تمكين تطوير تطبيقات جديدة في مجالات مختلفة مثل الرعاية الصحية والنقل والطاقة.

في الولايات المتحدة، أُقر في العام 2018 قانون مبادرة الكم الوطنية الذي ينصّ على توفير تمويل قيمته 1.2 مليار دولار أميركي على مدى خمس سنوات من أجل دعم البحث والتطوير في مجال الكم. ويهدف هذا القانون إلى تسريع تطوير تقنيات الكم والحفاظ على القدرة التنافسية للولايات المتحدة في هذا المجال.

في كندا، أعلنت الحكومة عن استثمارات تزيد عن 360 مليون دولار أميركي في البحث والتطوير في مجال الكم، مع التركيز على عدد من القطاعات، مثل: الأمن السيبراني، والطاقة، والرعاية الصحية.

في المملكة المتحدة، أعدّت الحكومة البرنامج الوطني لتقنيات الكم بهدف تطوير تقنيات الكم وتسويقها، بما في ذلك الحوسبة الكمية. وقد استثمر البرنامج أكثر من مليار جنيه إسترليني في البحث والتطوير منذ إطلاقه في العام 2014.

بالتالي، وعلى الرغم من قلّة الإحصائيات المتوفّرة عن استخدام الحوسبة الكمية في القطاع العام، تؤكّد هذه الأمثلة على تزايد اهتمام الحكومات والمؤسسات العامة واستثماراتها في هذه التقنية في أنحاء العالم كافة.

بالإضافة إلى ذلك، وبحسب تقرير صادر عن معهد ماكنزي العالمي، يُقدّر العائد الذي قد تولّده الحوسبة الكمية بما يصل إلى 50 مليار دولار أميركي من الأثر الاقتصادي السنوي بحلول العام 2030، مع إمكانات كبيرة لتطبيقاتها في بعض المجالات، مثل: التمويل، والرعاية الصحية، والنقل.

وبحسب تقرير صادر عن شركة فروست أند سوليفان، من المتوقّع أن ينمو السوق العالمي للحوسبة الكمية في القطاع العام من 140.9 مليون دولار أميركي في العام 2020 إلى 1.24 مليار دولار أميركي بحلول العام 2027، وذلك نتيجة زيادة الاستثمارات في البحث والتطوير وارتفاع الطلب على العمليات الحكومية الأكثر كفاءة وأماناً.

وفقاً لتقرير المنتدى الاقتصادي العالمي، بلغ حجم الإنفاق حول العالم في مجال الحوسبة الكمية لعام 2022 ما يقارب 30 مليار دولار.

تحديات استخدام الحوسبة الكمية

فيما تمتلك الحوسبة الكمية قدرةً على تقديم منافع كبيرة ومهمّة في مختلف المجالات، تواجه استخداماتها تحديات وقيود متعدّدة لا بدّ من معالجتها قبل الشروع في تبنّيها على نطاق واسع. وفيما يأتي، نعدّد بعض المشكلات الرئيسية التي تحول دون استخدام الحوسبة الكمية:

القيود على مستوى الأجهزة: يعتبر بناء الأجهزة اللازمة للحوسبة الكمية وصيانتها أمراً صعباً ومكلفًا.

التحديات على مستوى البرمجيات: يُعتبر تطوير برمجيات يمكن تشغيلها على أجهزة الحوسبة الكمية والاستفادة من خصائصها المميزة يتطلّب معرفة متخصصة. وبالتالي يصعب تصحيح أخطاء الخوارزميات الكمية بعد تطويرها، إذ يمكن أن تتغيّر حالة الكيوبتات بشكل غير متوقّع أثناء الحساب.

نقص الكوادر من ذوي المهارات اللازمة: يشّكل نقص الكوادر من ذوي المهارات والخبرات في الحوسبة الكميّة تحدياً كبيراً، سواء من حيث الباحثين الذين يعملون على تطوير خوارزميات وتطبيقات جديدة، أو من حيث المهندسين الذين يستطيعون بناء الأجهزة الكمية وصيانتها.

المخاوف الأمنية: على الرغم من قدرة الحوسبة الكمية على رفع مستوى الأمن السيبراني، تشكّل خطراً على بروتوكولات التشفير التقليدية. وبما أن أجهزة الحوسبة الكمّية أصبحت أقوى، قد تنجح في وقف أساليب التشفير المستخدمة حالياً بسهولة؛ مما ينتج عنه خطراً على البيانات والأنظمة الحسّاسة.

بالتالي، تمتلك الحوسبة الكمية بشكل عام القدرة على تحويل مجالات كثيرة من القطاع العام. وفي المقابل لا بدّ من معالجة التحديات الكبيرة التي تواجهها قبل تبنّيها على نطاق واسع. ويستلزم تخطّي هذه التحديات التعاون بين الباحثين وشركاء القطاع وصنّاع القرار من جهة وكذلك الاستثمار في البحث والبنية التحتية والتعليم من جهة أخرى.

قائمة المراجع

1. Pat Gumann. Domestic Manufacturing Capabilities for Critical DoD Applications. National Academies Press, 11 2019. ISBN 978-0-309-49476-2. doi:10.17226/25499. URL https://www.nap.edu/catalog/25499.
2. Ten Holter, C., Inglesant, P., & Jirotka, M. (2021). Reading the road: Challenges and opportunities on the path to responsible innovation in quantum computing. *Technology Analysis & Strategic Management,* 1-13.
3. Burkacky, O., Pautasso, L., & Mohr, N. (2020). Will quantum computing drive the automotive future? Mckinsey & Company, 1, 33-38.
4. Bayerstadler, A., Becquin, G., Binder, J., Botter, T., Ehm, H., Ehmer, T., & Winter, F. (2021). Industry quantum computing applications. EPJ Quantum Technology, 8(1), 25.
5. Coccia, M. (2022). Technological trajectories in quantum computing to design a quantum ecosystem for industrial change. Technology Analysis & Strategic Management, 1-16.
6. Lubinski, T., Johri, S., Varosy, P., Coleman, J., Zhao, L., Necaise, J., ... & Proctor, T. (2023). Application-oriented performance benchmarks for quantum computing. IEEE Transactions on Quantum Engineering.
7. Kahanda, G., Patel, V., Parikh, M., Ippolito, M., Solanki, M., & Ahmed, S. (2023, January). The Future Era of Quantum Computing. In Cybersecurity in the Age of Smart Societies: Proceedings of the 14th International Conference on Global Security, Safety and Sustainability, London, September 2022 (pp. 469-484). Cham: Springer International Publishing.

استطلاع الآراء حول الدراسة
عبر الرابط التالي:

الاستبيان

رمز الاستجابة السريع

للتفضل بزيارة الرابط التالي للمزيد من الدراسات البحثية:

الدراسات البحثية

رمز الاستجابة السريع

هيئة الحكومة الرقمية
Digital Government Authority

DGA.GOV.SA