البرنامج الوطني
للاقتصاد الرقمي
National Program for Digital Economy

وزارة النقل والاتصالات
وتقنية المعلومات

الحوسبة الكمية

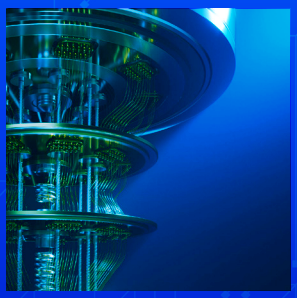
التحديات والفرص

mtcit.gov.om

البرنامج الوطني..
للاقتصاد الرقمي..
National Program for Digital Economy

جدول المحتويات

1 المقدمة

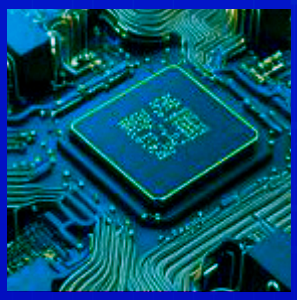


2 التعريفات والمصطلحات

3 الفرق بين الحواسيب التقليدية والحواسيب الكمية

4 عن الدليل

5 بعض من تطبيقات الحوسبة الكمية عالميا



6 المخاطر المحتملة للحوسبة الكمية

7 الاستثمار في الحوسبة الكمية

8 أسئلة واجوبة عن الحوسبة الكمية

9 فريق الحوسبة الكمية

1 المقدمة

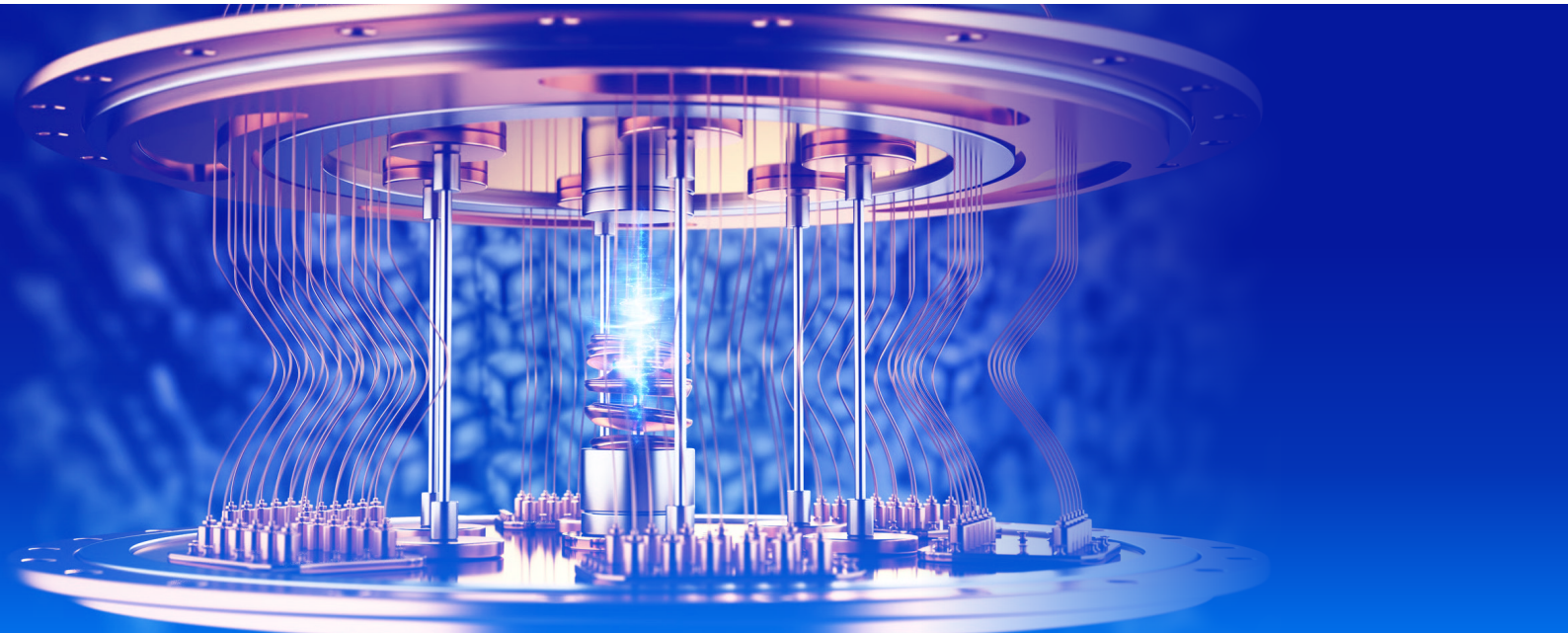
يشهد عصرنا الحالي تطورًا تقنيًا غير مسبوق، مدفوعًا بالتقدم السريع في مجالات الحوسبة، والذكاء الاصطناعي، وأدوات التحليل، إلى جانب تقنيات حديثة أخرى. ومن أبرز هذه التطورات تبرز الحوسبة الكمية كممكن رئيسي لنجاح تقنيات تتطلب قدرات حسابية ضخمة، مثل الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.

تُعد الحوسبة الكمية أو الحوسبة الكمومية (Quantum Computing) من التقنيات الثورية القادرة على تنفيذ عمليات تفوق قدرات الحواسيب التقليدية بمراحل. ومن المتوقع أن تسهم في دعم تطبيقات متنوعة وحل مشكلات معقدة كان حلها يتطلب آلاف السنين بالأنظمة الحالية. لذا، تسعى الدول إلى توظيفها لتحقيق أهدافها الاستراتيجية، لما لها من دور محوري في الاقتصاد الرقمي.

تعتمد الحوسبة الكمية على
قوانين الفيزياء الكمّية
لتنفيذ عمليات حسابية معقدة بسرعة تفوق الحواسيب التقليدية بشكل كبير.

تتميز الحوسبة الكمية بقدرتها على إحداث تغيير جذري في قطاعات متعددة، مثل الكيمياء، والطاقة، والاتصالات، بالإضافة إلى القطاعات العسكرية والأمنية، والأمن السيبراني، والذكاء الاصطناعي. وتعتمد هذه التقنية على استغلال قوانين الفيزياء الكمية (Quantum Physics) لتنفيذ عمليات حسابية معقدة، ما يجعلها تتفوق على أنظمة الحوسبة التقليدية بشكل كبير.

ورغم الفرص الهائلة التي توفرها هذه التقنية، إلا أنها تحمل في طياتها العديد من المخاطر المحتملة، مثل قدرتها على كسر التشفير المعقد، مما يهدد الأمن الإلكتروني والبيانات الحساسة، وقد يؤدي إلى تصاعد الهجمات السيبرانية ، وللتعامل مع هذه التحديات، تتبنى الدول تدابير استراتيجية للحد من المخاطر وتعزيز الاستخدام الإيجابي للتقنية، مثل الاستثمار في الحوسبة الكمية، و اعتماد تشفير مقاوم للهجمات، وتدريب الكفاءات الوطنية، و التعاون الدولي، وزيادة الإنفاق على البحث والتطوير، إلى جانب بناء شراكات لوضع معايير عالمية. تشكل هذه التحديات تهديدًا لأمن واستقرار الدول، مما يستدعي نهجًا استباقيًا يوجّه التقنية نحو التنمية بدلاً من أن تصبح مصدر تهديد.



2

التعريفات والمصطلحات

البت (bit)

هي أصغر وحدة معلومات في الحاسوب، تُستخدم لبناء جميع البيانات الرقمية. يشبه البت مفتاحًا كهربائيًا صغيرًا له حالتان فقط: تشغيل (1) أو إيقاف (0). ومن خلال تجميع عدد هائل من هذه (bits)البتات، يستطيع الحاسوب تمثيل كل شيء من النصوص والصور إلى الأصوات والأفلام.

الكيوبت (Qubit)

الكيوبت (Qubit) هي وحدة المعلومات الأساسية في الحوسبة الكمية، وهي النظير الكمي للبت (Bit) في الحوسبة التقليدية، يمكن أن تكون في حالة 0 أو 1 أو كلاهما معًا في وقت واحد.

الفيزياء الكمية (Quantum Physics)

هي فرع من فروع الفيزياء يهتم بدراسة سلوك الجسيمات متناهية الصغر مثل الإلكترونات والفوتونات، وهي تمثل القوانين الخفية التي تحكم العالم المجهري، وتشكل الأساس للعديد من التقنيات الحديثة مثل الحوسبة الكمية، الليزر، والإلكترونيات الدقيقة.

التراكب الكمي (Quantum Superposition)

هو مبدأ في ميكانيكا الكم يعني أن الجسيمات الدقيقة (مثل الإلكترون أو الفوتون) يمكن أن تكون في أكثر من حالة في نفس الوقت، إلى أن نقوم بقياسها أو ملاحظتها.

الاتصالات الكمية (Quantum Communication)

هي تقنية لنقل البيانات تعتمد على مبادئ ميكانيكا الكم (مثل الفوتونات) بدلاً من الإشارات التقليدية، مما يجعلها وسيلة اتصال مستحيلة الاختراق لأن أي محاولة للتنصت تُغير حالة البيانات وتكشف المتسلل فوراً [1].

توزيع المفاتيح الكمية (QKD)

هي وسيلة لتوليد وتبادل مفاتيح تشفير سرية بين طرفين باستخدام جسيمات الضوء، حيث تضمن قوانين الفيزياء عدم إمكانية نسخ هذه المفاتيح أو اعتراضها دون ترك أثر ملموس [2].

3
عن الدليل

مع التقدم السريع في تقنيات الحوسبة، ظهرت الحوسبة الكمية كإحدى أبرز الابتكارات التي تمتلك القدرة على إحداث تغييرات جذرية في مجالات متعددة مثل الأمن السيبراني، والذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات. ومع تعقيد هذه التقنية، أصبح من الضروري توفير دليل يوضح مفاهيمها الأساسية، وتطبيقاتها، والمخاطر المحتملة.

لذلك، يقدم هذا الدليل إرشادات أساسية لفهم الحوسبة الكمية بطريقة مبسطة ويهدف إلى:

توضيح مفاهيم الحوسبة الكمية من خلال شرح مبسط عن الحوسبة الكمية والتطبيقات والمخاطر.

رفع وعي المجتمع التقني بأهمية الحوسبة الكمية وتحدياتها وتشجيع تبني ممارسات تحضيرية.

تشجيع الجامعات ومراكز البحث على دراسة وتطوير حلول مبنية على الحوسبة الكمية .

دعم السياسات الوطنية في التقنيات المتقدمة من خلال مواءمة محتوى الدليل مع التوجهات العالمية، والاستثمارات وتوفير مرجع موثوق لصنّاع القرار.

الدليل يخدم عدد من الفئات ومنها:

المبتدئين
الذين ليست لديهم خلفية مسبقة في الفيزياء أو علوم الحاسوب.

الجمهور العام
الذي يهتم بمتابعة التطورات العلمية والتقنية.

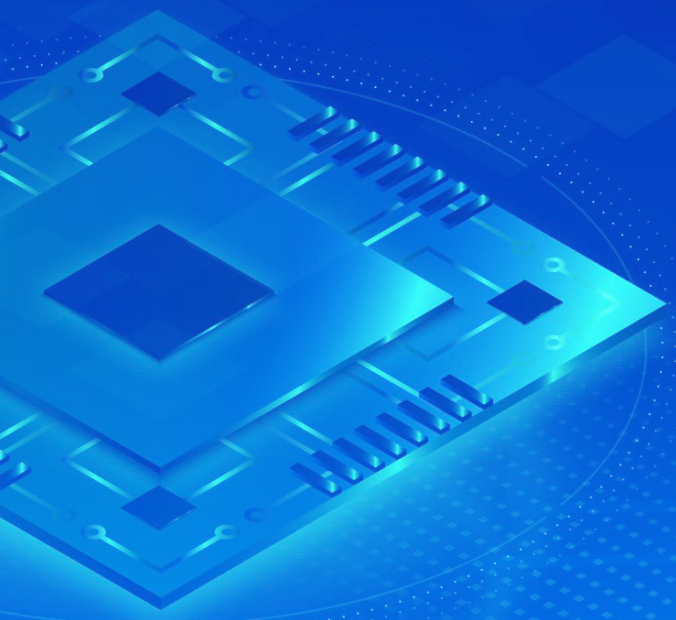
رجال الأعمال والمستثمرين
الذين يريدون استيعاب إمكانيات هذه التقنية وتطبيقاتها المستقبلية.

الطلاب
طلبة المرحلة الثانوية وبداية المرحلة الجامعية ممن هم في طور التعرّف على المفاهيم التقنية الحديثة.

صناع القرار
في الحكومة والجهات التنظيمية والقطاع الخاص.

4
الفرق بين الحواسيب التقليدية والحواسيب الكمية

	الحواسيب التقليدية	الحواسيب الكمية
العمليات الحسابية	تستخدم وحدة البت (bit) بقيمة 0 أو 1	تستخدم وحدة الكيوبت (Qubit) بقيمة 0 أو 1 أو كلاهما في الوقت ذاته بخاصية "التشابك الكمي" Quantum Entanglement
آلية العمل	تقدم إجابات محتملة واحدة تلو الأخرى حتى تجد الإجابة الصحيحة	تدرس عدة احتمالات دفعة واحدة وذلك بترتيبها من خلال مجموعة من النتائج المحتملة



على عكس النظام الثنائي (binary) المستخدم في الحوسبة التقليدية، تعتمد الحوسبة الكمية على وحدات البت الكمي كيوبت(qubits) ، التي تستفيد من خصائص الجسيمات دون الذرية مثل الإلكترونات والفوتونات والأيونات. يتميز البت الكمي بقدرته على الوجود في حالات متعددة في الوقت ذاته (0 أو 1 أو مزيج من الحالتين)، وهي ظاهرة تُعرف بالتراكب الكمي (Quantum Superposition)، وهذه الخاصية تتيح للوحدات الكمّية إجراء عمليات حسابية متعددة بشكل متزامن.

علاوة على ذلك، تتمتع الحوسبة الكمية بقدرة فريدة على التشابك الكمي (Quantum Entanglement)، حيث يمكن البت الكمي (qubits) أن ترتبط معًا، مما يسمح لها بالعمل كوحدة مترابطة واحدة وفقًا لقوانين ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics) أو فيزياء الكم وهي فرع من فروع الفيزياء. على سبيل المثال، عندما يتشابك عنصران كمّيان، يمكنهما إجراء عمليتين حسابيتين في الوقت نفسه. ومع زيادة عدد العناصر الكمّية المتشابكة، مثل ثلاث أو أربع وحدات الكيوبت، يمكن تنفيذ المزيد من العمليات الحسابية بشكل متوازٍ مما يعزز القدرة الحسابية بشكل غير مسبوق.

تساهم هذه الخصائص في تسريع العمليات الحسابية بشكل كبير، وتمكّن الحوسبة الكمية من معالجة المشكلات التي يصعب على الحوسبة التقليدية حلها. فعلى سبيل المثال، يمكن للحوسبة الكمية تحليل معاملات الأعداد الصحيحة، التي تُعد جزءًا أساسيًا من العديد من أنظمة التشفير الحديثة، بسرعة تفوق الحوسبة التقليدية بمليارات المرات. هذا يُظهر قدرة الحوسبة الكمية على معالجة تحديات حسابية معقدة بكفاءة عالية تفوق ما يمكن للحواسيب التقليدية تحقيقه.

هناك **أربعة مبادئ أساسية لميكانيكا الكم** وهي: التراكب، التشابك، التداخل، والتفكك. هذه المبادئ الأربعة تعمل معاً بطرق معقدة لتمكين الحواسيب الكمية من حل المشاكل المعقدة بسرعات لا يمكن للحواسيب التقليدية تحقيقها.

تساهم الخصائص في

تسريع العمليات الحسابية بشكل كبير

معالجة المشكلات التي يصعب على الحوسبة التقليدية حله

التشابك الكمي
Entanglement Quantum

هو ظاهرة ترتبط فيها حالتان أو أكثر من الكيوبتات بطريقة تجعل الحالة الكمية لكل منها مرتبطة بالأخرى بشكل عميق. وعندما تكون الكيوبتات متشابكة، فإن قياس حالة أحدها يرتبط فورًا بحالة الكيوبتات الأخرى، بغض النظر عن المسافة الفاصلة بينها

التراكب الكمي
Superposition Quantum

يمكن للكيوبت أن تكون في حالة تراكب Superposition، وهي مزيج من جميع الاحتمالات الممكنة في نفس الوقت. هذا يعني أن الكيوبت الواحد يمكن أن يمثل 0 و1 معاً، مما يسمح للحواسيب الكمية بمعالجة كميات هائلة من المعلومات بالتوازي

التفكك الكمي
Decoherence Quantum

هو العملية التي يفقد فيها النظام الكمي خصائصه الكمية نتيجة تفاعله مع البيئة المحيطة أو أثناء القياس، مما يؤدي إلى تلاشي ظواهر مثل التراكب والتشابك الكمي. ويُعد هذا التحدي من أبرز العقبات في تطوير الحوسبة الكمية.

التداخل الكمي
Interference Quantum

محرك الحوسبة الكمية الحقيقي. عندما توضع كيوبت(qubits) في حالة تراكب جماعي، تنظم المعلومات بطريقة تشبه الموجات، حيث تتراكم بعض الموجات وتلغي بعضها البعض ويساعد ذلك الحاسوب الكمي على زيادة احتمال الوصول إلى الإجابة الصحيحة وتقليل النتائج غير المرغوبة.

5
بعض من تطبيقات الحوسبة الكمية عالميا

نظـرًا لأن التطبيقـات الحقيقيـة للحوسـبة الكميـة مـا زالـت فـي مراحلهـا المبكـرة مـن البحـث والتجـارب، فقـد اخترنـا فـي هـذا الدليـل التركيـز علـى مجموعـة بسـيطة ومفهومـة مـن الأمثلـة، بهـدف تقديـم صـورة أوليـة واضحـة حـول الإمكانـات الواعـدة لهـذه التقنيـة وتأثيرهـا المسـتقبلي المحتمـل علـى حيـاة الإنسـان والمجتمعـات.

1. الأمن السيبراني والتشفير

تُعـد الحوسـبة الكمّيـة مـن أبـرز التطـورات التقنيـة التـي مـن المتوقـع أن تُحـدث ثـورة فـي مجـال الأمـن السـيبراني والتشـفير. تمتلـك الحواسـيب الكمّيـة القـدرة علـى كسـر أنظمـة التشـفير التقليديـة بسـرعة فائقـة بفضـل قدرتهـا علـى إجـراء عمليـات حسـابية معقّـدة فـي وقـت قصيـر جـدًا، ممـا يشـكّل تحديًـا كبيـرًا للأنظمـة الأمنيـة الحاليـة. فـي المقابـل، يجـري تطويـر تقنيـات تشـفير كمّيـة جديـدة تُعـرف بـالتشفير الكمّي، وهـي تقنيـات تسـتند إلـى قوانيـن ميكانيكا الكـم لتوفيـر وسـائل اتصـال آمنـة غيـر قابلـة للاختـراق. وتُسـتخدم هـذه التقنيـات بالفعـل فـي عـدد مـن المشـاريع حـول العالـم، خاصـة فـي البنـوك، والهيئـات الحكوميـة، وشـبكات الاتصـالات الحساسـة.

2. الاتصالات الكمية (Quantum Communication)

تُعـد الاتصـالات الكميـة ثـورة فـي عالـم نقـل البيانـات، حيـث تعتمـد علـى مبـادئ ميكانيـكا الكـم مثـل التراكـب والتشـابك لنقـل المعلومـات عبـر كيوبـت (qubits) بـدلاً مـن البتـات (bits) التقليديـة. وتتميـز هـذه التقنيـة بقدرتهـا الفائقـة علـى اكتشـاف أي محاولـة للتنصـت؛ فبمجـرد محاولـة طـرف ثالـث مراقبـة البيانـات الكميـة، تنهـار حالتهـا الفيزيائيـة ويتغيـر محتواهـا، ممـا يجعلهـا وسـيلة اتصـال مؤمنـة فيزيائيـاً ومسـتحيلة الاختـراق بالوسـائل التقليديـة أو حتـى بالحواسـيب الكميـة المسـتقبلية.

3. توزيع المفاتيح الكمية (QKD)

تعتبر تقنية توزيع المفاتيح الكمية (QKD) التطبيق الأكثر نضجاً في التشفير الكمي، وهي وسيلة لتبادل مفاتيح التشفير السرية بين طرفين بأمان مطلق. تعمل هذه التقنية من خلال إرسال فوتونات ضوئية مفردة تحمل مفاتيح التشفير، وبفضل "مبدأ الريبة" لهايزنبرج، لا يمكن لأي متسلل نسخ هذه المفاتيح أو قياسها دون ترك أثر واضح يكشف وجوده.

تُستخدم هذه التقنية حالياً في تأمين المعاملات المالية الكبرى والبيانات الحكومية فائقة السرية لضمان بقائها مشفرة حتى في عصر الحوسبة الكمية

4. الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي

الحوسبة الكمية من المجالات الواعدة التي يُتوقع أن تُحدث ثورة في الذكاء الاصطناعي (AI)، خاصة في حل المشكلات التي تتطلب قدرات حسابية ضخمة. ومثال على تطبيقات الحوسبة الكمية في الذكاء الاصطناعي هي الصناعات الدوائية والكيمياء وتسريع اكتشاف الأدوية وتصميم جزيئات جديدة وتحليل التفاعلات الكيميائية المعقدة وتطوير مواد كيميائية مبتكرة. والجدير بالذكر ان شركات عالمية بدأت بالفعل في استكشاف هذه التطبيقات لتسريع البحث والتطوير في الصناعات الحيوية والكيميائية.

5. تحسين الأنظمة اللوجستية والنقل

تُعد الحوسبة الكمّية أداة ثورية في مجال تحليل البيانات المعقدة وحل المشكلات التي تتطلب عمليات حسابية ضخمة. ومن أبرز المجالات التي بدأت تستفيد من هذه التقنية هو مجال الأنظمة اللوجستية والنقل، ومثال على ذلك تساعد الحوسبة الكمّية في تحسين مسارات الشحن من خلال تحليل عدد هائل من المتغيرات في وقت قياسي، مثل حالة المرور، وأحوال الطقس، وأوقات الذروة، والتغيرات المفاجئة في الطلب باستخدام الخوارزميات الكمّية، حيث يمكن للشركات اختيار المسار الأسرع والأكثر كفاءة لتقليل أوقات التوصيل وتكاليف الوقود. شركة دي اتش ال (DHL) و فولكس واجن (Volkswagen) عملتا على استخدام نماذج كمّية لتحسين تدفق حركة الشحن داخل المدن وتقليل أوقات الانتظار، والجدير بالذكر ان شركات كبرى مثل فدكس (FedEx)و يو بي اس (UPS) بدأت في الاستثمار في تقنيات الحوسبة الكمّية لتحسين سلاسل الإمداد العالمية. (2022)IBM

6
المخاطر المحتملة للحوسبة الكمية

لفهم الثورة التقنية التي تمثلها الحوسبة الكمية بشكل أفضل، يمكن مقارنتها بالحوسبة التقليدية من خلال الشكل الموضح ادناه

1.
تهديد البنى الأساسية للاتصالات وتقنية المعلومات
قد تؤدي قدرات الحوسبة الكمية إلى تجاوز أنظمة الحماية التقليدية، مما يجعل البنى الاساسية عرضة للاختراق أو التعطيل المستهدف.

2.
كسر التشفير
تمتلك الحواسيب الكمية القدرة على فك معظم أنظمة التشفير الحالية، مما يهدد سرية المعلومات والبيانات الحساسة.

3.
اتساع الفجوة التقنية والتاخر في المنافسة
قد تتقدم الدول أو الشركات المتقدمة في مجال الحوسبة الكمية بشكل كبير، ما يؤدي إلى تراجع الدول الأخرى في مجالات الابتكار والسيادة التقنية.

4.
إساءة استخدام الحوسبة الكمية
استخدام الحوسبة الكمية لتنفيذ هجمات إلكترونية عالية التعقيد، أو لتطوير أدوات تجسس متقدمة يصعب على الأنظمة التقليدية اكتشافها أو مواجهتها، مما يشكل تهديدًا حقيقيًا للأمن السيبراني والخصوصية.

7

الاستثمار في الحوسبة الكمية

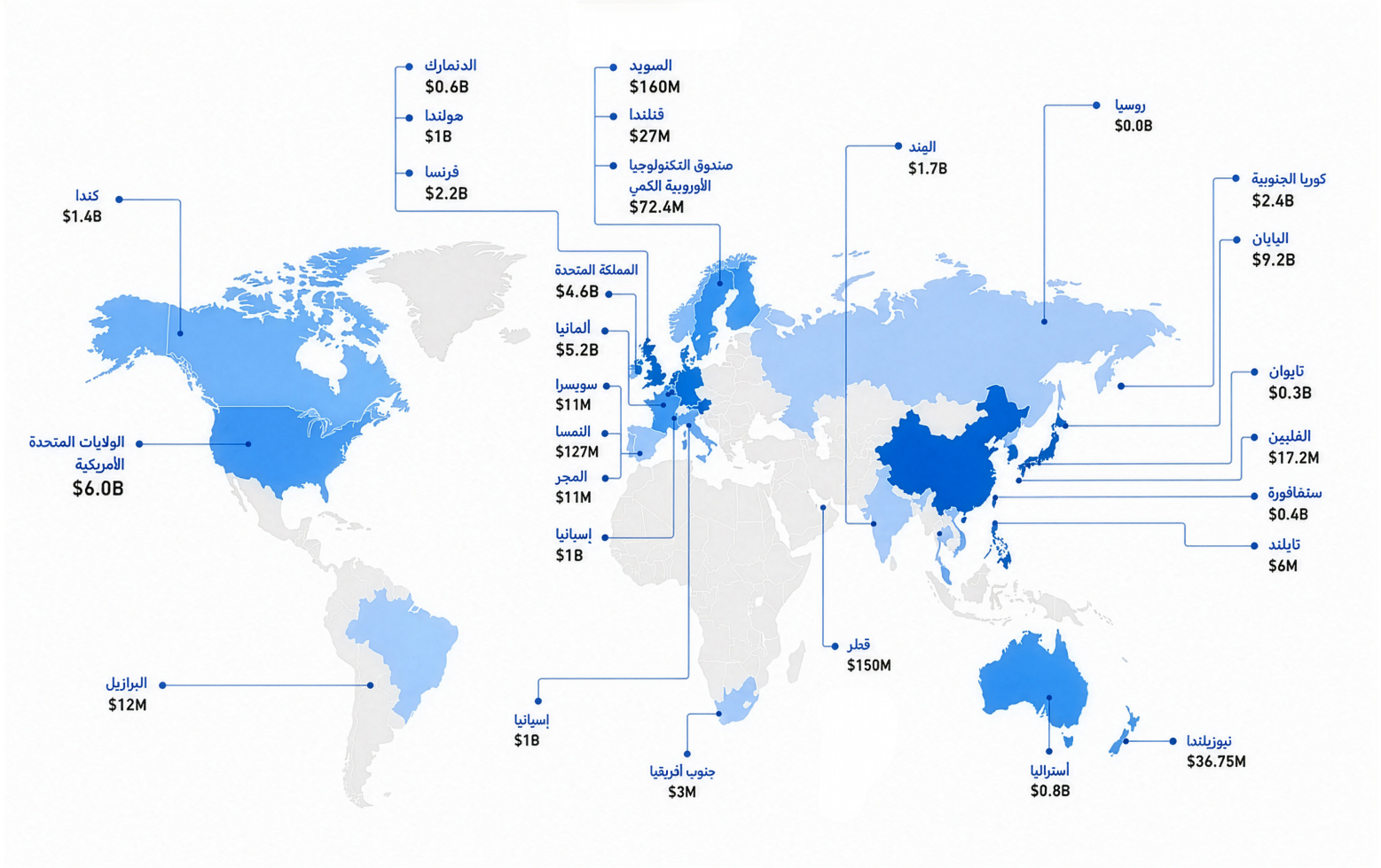
الاستثمار العالمي في الحوسبة الكمية

مع تزايد الاهتمام العالمي بالحوسبة الكمية، خصصت العديد من الشركات التقنية الكبرى استثمارات ضخمة لتطوير معالجات كمّية متقدمة، وبناء أنظمة قوية، وابتكار تطبيقات عملية تعزز من إمكانات هذه التقنية. وتُظهر الخريطة العالمية ادناه مدى انخراط الدول في هذا المجال لعام 2025. تتجاوز الاستثمارات العالمية الحالية في تقنيات الكم 55.7 مليار دولار. ومن المتوقع أن يصل حجم سوق تقنيات الكم العالمي إلى 106 مليارات دولار بحلول عام 2040.

وعلى صعيد الحراك الاستثماري في عام 2025، شهد القطاع تحولاً جذرياً من النماذج التجريبية إلى الصفقات الصناعية الكبرى، حيث تجاوزت إيرادات شركات الحوسبة الكمية حاجز المليار دولار لأول مرة. ولم يقتصر هذا النمو على الاستثمارات الخاصة فحسب، بل عززته التزامات حكومية دولية ضخمة؛ إذ تصدرت اليابان المشهد بتخصيص 7.4 مليار دولار، تلتها استثمارات استراتيجية من إسبانيا وأستراليا وسنغافورة. ومع دخول تقنيات "تصحيح الخطأ الكمي (Quantum Error Correction) مرحلة النضج، بات من المتوقع أن يولد هذا القطاع قيمة اقتصادية تتراوح بين 450 و850 مليار دولار بحلول عام 2040، مدفوعاً بتطبيقات متقدمة في مجالات اكتشاف الأدوية، والنمذجة المالية، والأمن السيبراني، مما يرسخ مكانة الحوسبة الكمية كركيزة أساسية في الاقتصاد الرقمي العالمي القادم.

التـــــــــوزيع العالـــــــــمي للاستثمـــارات

في الحوسبة الكمـية *



* McKinsey & Company (2025)

تحديات الاستثمار في الحوسبة الكمية

تواجه الاستثمارات في الحوسبة الكمية تحديات جوهرية تعيق انتشارها وتبنيها على نطاق واسع، أبرزها الكلفة العالية للبنية الاساسية، حيث تتطلب هذه التقنية تجهيزات معقدة مثل أنظمة التبريد فائقة الانخفاض (Kiutra, 2023) وأجهزة تشغيل دقيقة، ما يجعل تكلفتها باهظة مقارنة بالحوسبة التقليدية (PatentPC, n.d.). لمواجهة ذلك، يمكن تعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص، وإنشاء مراكز أبحاث مشتركة لتقليل الأعباء المالية. أما التحدي الثاني فيتمثل في نقص الكفاءات البشرية المتخصصة، إذ تشير التقارير إلى وجود فجوة كبيرة في سوق العمل، حيث يوجد شخص مؤهل واحد فقط لكل ثلاثة وظائف متاحة في مجال الحوسبة الكمية (McKinsey & Company, 2024) . ويمكن معالجة هذا التحدي من خلال إدماج الحوسبة الكمية في المناهج الجامعية، وتنفيذ برامج تدريب عملية بالتعاون مع مؤسسات بحثية.

مستقبل الاستثمار في الحوسبة الكمية

من المتوقع أن يشهد الاستثمار في الحوسبة الكمية نموًا متسارعًا خلال العقد المقبل، مدفوعًا بالتطور السريع في البنية الاساسية والتقدم في التقنيات الداعمة. تشير التقديرات إلى أن حجم الاستثمارات العالمية قد يتجاوز 20 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030، مع ازدياد تركيز الدول على دعم البحث والتطوير في هذا المجال الاستراتيجي (QURECA, 2025). وتُظهر المؤشرات أن التعاون بين القطاعين العام والخاص سيأخذ طابعًا أكثر تكاملاً، حيث تسعى الحكومات إلى عقد شراكات مع شركات التقنية الكبرى لتسريع تطوير تطبيقات عملية مبنية على القدرات الفريدة للحوسبة الكمية (Harrowell & Jamieson, 2023). ، كما أن التوسع في التطبيقات التجارية للحوسبة الكمية سيشمل قطاعات متنوعة مثل الزراعة، والطاقة، والتصنيع الدقيق، لما توفره من قدرات غير مسبوقة في تحليل البيانات المعقدة ونمذجة السيناريوهات المستقبلية (Johnson, 2025). ويُتوقع أن تتحول هذه التقنية من مرحلة الأبحاث المختبرية إلى أداة حقيقية لتعزيز التنافسية الاقتصادية على مستوى عالمي.

8
أسئلة واجوبة عن الحوسبة الكمية

ما الفرق بين الحوسبة الكمية والحوسبة التقليدية؟

الحوسبة التقليدية تعتمد على البت (0 أو 1)، بينما تعتمد الحوسبة الكمية على الكيوبت، التي يمكن أن تكون في حالتي 0 و1 في نفس الوقت بفضل خاصية "التراكب الكمومي". الحواسيب الكمية تستخدم "التشابك الكمومي" لربط الكيوبت، مما يسمح بمعالجة كمية ضخمة من البيانات في نفس الوقت.

هل الحوسبة الكمية ستستبدل الحواسيب التقليدية؟

ليس بالضرورة، فالحوسبة الكمية لن تستبدل الحواسيب التقليدية بالكامل، بل ستكملها في بعض المهام المتقدمة. الحواسيب التقليدية ستبقى الخيار الأفضل للمهام اليومية مثل تصفح الإنترنت، استخدام التطبيقات المكتبية، تشغيل الألعاب، وغيرها من الاستخدامات العادية. أما الحوسبة الكمية فهي مصممة للتعامل مع مشكلات معقدة جدًا لا تستطيع الحواسيب التقليدية حلها بسهولة أو بسرعة.

وبسبب اختلاف طريقة عملها الجذري، من الصعب أن تحل محل الحواسيب التقليدية في كل شيء. كما أن الحواسيب الكمية ما زالت في مرحلة التطوير، وتتطلب بيئة تشغيل خاصة مثل التبريد الفائق، مما يجعل استخدامها محدودًا في الوقت الحالي. لذلك، من المتوقع أن تعمل الحواسيب التقليدية والكمية معًا في المستقبل، حيث تُستخدم الكمية في المجالات التي تحتاج إلى قوة حسابية هائلة، بينما تبقى التقليدية هي الأساس في الاستخدام اليومي.

هل الحوسبة الكمية صديقة للبيئة؟

على الرغم من كفاءتها في بعض العمليات، إلا أن أجهزة الحوسبة الكمية الحالية تستهلك طاقة كبيرة بسبب أنظمة التبريد الفائق المطلوبة لذلك فهي غير صديقة للبيئة. الجدير بالذكر ان هناك أبحاث لتحسين كفاءة الطاقة.

ما هو مستقبل الحوسبة الكمية؟

يتوقع أن تحدث الحوسبة الكمية ثورة في مجالات متعددة خلال العقود القادمة. ومع استمرار التقدم في تطوير الاجهزة والبرمجيات الكمية، ستصبح هذه التقنية أكثر قابلية للتطبيق على نطاق واسع، مما يفتح آفاقًا جديدة في البحث العلمي، والاقتصاد، والتقنية، ومختلف القطاعات الأخرى. ومن أبرز المجالات المتوقع أن تستفيد منها: تطوير الأدوية والعلاجات عبر المحاكاة الكمية المعقدة، وتحسين أنظمة التشفير والأمن السيبراني، وتسريع تحليل البيانات الضخمة، وتحسين سلاسل الإمداد، والنقل، والطاقة المتجددة. كما يُنتظر أن تسهم الحوسبة الكمية في تمكين الذكاء الاصطناعي من خلال تحسين عمليات التدريب والتعلم، ما سيؤدي إلى حلول أكثر كفاءة وذكاء. ومع دخول دول وشركات كبرى في سباق تطوير هذه التقنية، من المرجح أن تصبح الحوسبة الكمية أحد الأعمدة الرئيسية للتحول الرقمي العالمي خلال العقود القادمة.

ما هو دور الحوسبة الكمية في تحليل البيانات الضخمة؟

تُسرّع معالجة البيانات الضخمة من خلال خوارزميات متوازية وتحسين الكفاءة في البحث، و التصنيف، والتنبؤ. فمثلا في مجال القطاع الصحي، يمكن استخدام الحوسبة الكمية لتحليل ملايين السجلات الطبية والبيانات الجينية في وقت قصير لاكتشاف أنماط خفية تساعد في تشخيص الأمراض بشكل أدق أو تحديد العلاجات الأنسب لكل مريض بناءً على بياناته الجينية.

كيف تؤثر الحوسبة الكمية على الأمن السيبراني؟

تشكل الحوسبة الكمية تهديدًا مباشرًا لأنظمة الأمن السيبراني الحالية، نظرًا لقدرتها الفائقة على إجراء عمليات حسابية معقدة بسرعة عالية. هذا يعني أن تقنيات التشفير المستخدمة اليوم قد تصبح غير فعالة أمام قوة الحوسبة الكمية، مما يعرض البيانات والمعلومات الحساسة لخطر كبير. وفي المقابل، تدفع هذه التهديدات المتزايدة إلى تسريع الجهود العالمية نحو تطوير أنظمة تشفير جديدة تكون أكثر قدرة على مقاومة الهجمات التي قد تنفذ باستخدام الحواسيب الكمية. ومن هنا، تبرز الحوسبة الكمية كتحدٍ وفرصة في الوقت ذاته، فهي تتطلب إعادة التفكير في أسس الحماية الرقمية، وتمهد لمرحلة جديدة من الأمن السيبراني في زمن الحوسبة الكمية.

فريق الحوسبة الكمية

نظرا لأهمية هذه التقنية والتطورات المتسارعة التي تشهدها، بادرت سلطنة عمان بتشكيل فريق وطني متخصص في مجال الحوسبة الكمية، يضم نخبة من الخبراء والمختصين وممثلين من الجهات المعنية. يهدف هذا الفريق إلى تقييم الوضع الراهن، واستكشاف فرص الاستثمار في هذا المجال، والتصدي للتحديات المصاحبة لتطبيق الحوسبة الكمية داخل سلطنة عمان.

انطلاقًا من الأهمية المتزايدة للحوسبة الكمية ودورها المحوري في مستقبل التقنية، قام الفريق بإعداد هذا الدليل بهدف تعزيز الوعي بهذه التقنية المتقدمة وتقديم تصور مبسط لمفاهيمها وتطبيقاتها.

وقد قام الفريق الوطني أيضا بإعداد دراسة استشرافية متكاملة تضمنت تقديم رؤية شاملة حول تقنية الحوسبة الكمية وأهميتها، مع تحليل فرص الاستثمار والمخاطر المحتملة، واستعراض أبرز الاستراتيجيات الوطنية التي تبنتها دول أخرى. كما ركزت الدراسة على صياغة خارطة طريق وطنية لتبني الحوسبة الكمية، تضمنت توصيات استراتيجية وبرامج تنفيذية موزعة على محاور رئيسية، تشمل:

المحاور الاستراتيجية لتبني الحوسبة الكمية

الحوكمة والتشريعات

وضع إطار قانوني وتنظيمي يواكب التطورات التقنية.

بناء القدرات البشرية

تنمية الموارد البشرية المؤهلة للتعامل مع هذه التقنية.

الاقتصاد التنافسي

تمكين القطاع الخاص وتحفيز الاستثمار في تقنيات الحوسبة الكمية.

البنية الاساسية

تطوير الأنظمة والمنشآت اللازمة لدعم الحوسبة الكمية.

البحث والتطوير

تعزيز الابتكار والبحث العلمي في هذا المجال.

من خلال تنفيذ خارطة الطريق الوطنية، تسعى سلطنة عمان إلى مواكبة التحولات التقنية العالمية، وتعزيز قدرتها على الاستفادة من الفرص التي توفرها الحوسبة الكمية في دفع الابتكار وبناء اقتصاد رقمي مزدهر. كما تهدف إلى مواجهة التحديات المستقبلية عبر الحد من التهديدات المحتملة، ورفع مستوى الكفاءات الوطنية، وضمان موقع ريادي لسلطنة عمان في الاقتصاد العالمي المتقدم.

خارطة الطريق

2026-2024
المدى القريب

تأسيس الحوكمة والجاهزية للحوسبة الكمية عبر تقييم شامل للبنية الأساسية، وبناء وعي وطني متقدم بأهمية هذا المجال، إلى جانب إطلاق شراكات استراتيجية وبرامج تمكينية تشكل قاعدة انطلاق راسخة في سلطنة عمان.

2029-2027
المدى المتوسط

تسريع بناء القدرات الوطنية والتطبيقات عبر استقطاب الاستثمارات، وتوسيع نطاق الاستخدامات، وصقل الكفاءات المتخصصة، بما يعزز جاهزية سلطنة عمان للتحول التطبيقي في الحوسبة الكمية.

2030
المدى البعيد

ترسيخ الريادة والاستقلال التقني عبر تطوير بنية أساسية كمية متقدمة، وزيادة الاستثمارات في مشاريع الحوسبة الكمية، وبناء منظومة ابتكار وصناعة متكاملة تضع سلطنة عمان في مصاف الدول الرائدة في التقنيات المستقبلية.

أعضاء فريق
الحوسبة الكمية

الدكتور/ ناصر بن محمد آل فنة
الدكتور/ خليفة بن صالح المعولي
الدكتور/ صالح بن سعيد الهاشمي
الدكتور/ بدر بن سالم المنذري
الفاضلة/ لمحه بنت سلطان الحبسية
الفاضلة/ بثينة بنت أحمد المسكرية
الفاضل/ طاهر بن حميد الكلباني

الفاضل/ يعقوب بن محمد الحبسي
الفاضل/ إبراهيم بن سليمان العامري
الفاضل/ ناصر بن هلال الراسبي
الفاضلة/ نورية بنت يوسف البلوشية
المهندس/ ناصر بن علي المنذري
المهندس / محمد بن ناصر الفوري
الفاضل/ عبد الرحمن بن محمد النبهاني

10 المصادر

- Harrowell, E., & Jamieson, A. (2023). Quantum technologies and national development: Strategic approaches in the .Gulf. Middle East Technology Review, 15(2), 45-59

- IBM. (2022). Exploring quantum computing use cases for logistics. IBM Institute for Business Value. https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/en-us/report/quantum-logistics

- Johnson, A. (2025, February). Infrastructure intensive, environmentally fragile. In Quantum leap? Opinion split over quantum computing's medium-term impact. DataCenterKnowledge. https://www.datacenterknowledge.com/next-gen-data-centers/quantum-leap-opinion-split-over-quantum-computing-s-medium-term-impact

- Kiutra. (2023, August). Quantum computing & cryogenics: Why cooling matters. Kiutra. https://kiutra.com/quantum-computing-cryogenics-why-cooling-matters

- McKinsey & Company. (2024). Closing the quantum workforce gap: Lessons from AI. https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/five-lessons-from-ai-on-closing-quantums-talent-gap-before-its-too-late

- McKinsey & Company. (2025). Quantum Technology Monitor 2025. McKinsey Digital. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/the%20year%20of%20quantum%20from%20concept%20to%20reality%20in%202025/quantum-monitor-2025.pdf

- PatentPC. (n.d.). The cost of quantum computing: How expensive is it to run a quantum system? https://patentpc.com/blog/the-cost-of-quantum-computing-how-expensive-is-it-to-run-a-quantum-system-stats-inside

- QURECA. (2025). Global effort in quantum technologies 2025 (Estimate) [Infographic]. Retrieved from https://www.qureca.com

البرنامج الوطني
للاقتصاد الرقمي
National Program for Digital Economy

mtcit.gov.om