



RSC811-3

مهارات بحثية 3

Task4

Prepared by

Mohammed Omar Bin Makhashen

242001540@st.midocean.edu.km

محمد عمر بن مخاشن

Ph.D. student in IT

2025-Feb-28

المحتوى

تقييم رسالة بحثية لرسالة دكتوراه

عرض اهداف واهمية البحث و هل تنطبق عليها مواصفات S.M.A.R.T وتوضح الفرق بين اهمية واهداف الرسالة وصياغة اهداف واهمية اهداف بحثية مقترحة تتعلق باطروحة مستقبلية

عنوان الرسالة: (PRACTICAL APPLICATIONS OF MACHINE LEARNING TO QUANTUM COMPUTING AND QUANTUM SIMULATION)

اسم المؤلف: (Alexander G. Lidiak)

الجامعة: (Colorado School of Mines)

الدرجة العلمية: دكتوراه في الفلسفة (Doctor of Philosophy)

تاريخ تقديم الرسالة: ٢٠٢٢ ديسمبر

الاهداف واهمية البحث

2

اهداف البحث واهميته

استنادا للبحث، اجد الهدف العام هو اظهار التطبيقات العملية لتعلم الالة لتعزيز الحوسبة الكمية والمحاكاة الكمية في اعدادات واقعية. يتم تحديد هذا الهدف الواسع بشكل اكبر من خلال عدة مجالات تحقيق رئيسية:

- تحسين محاكاة أنظمة كمية متعددة الاجسام (**Quantum Many-Body Systems**) باستخدام نماذج تعلم الالة مثل RBMs (Restricted Boltzmann Machines) و QNADEs (Quantum Neural Autoregressive Density Estimators)، مع التركيز على السرعة والدقة.
- تطوير خوارزميات قائمة على تعلم الالة للتحكم الكمي الامثل (**Quantum Optimal Control**) لتصميم بوابات كمية اسرع واكثر دقة.
- تطبيق تقنيات تعلم الالة غير الخاضعة للاشراف (**Unsupervised Machine Learning**) لاكتشاف وفهم انتقالات الطور الكمي (Quantum Phase Transitions) في أنظمة متعددة الاجسام.
- انشاء بروتوكولات تصوير مقطعي للحالة الكمومية (**Quantum State Tomography**) فعالة لتوصيف الحالات الكمومية التي تولدها اجهزة كمومية ضوئية قريبة المدى (Near-Term Noisy Quantum Devices)، مع التركيز بشكل خاص على الحالات ذات بنية عامل ضرب المصفوفة (Matrix Product Operator).

التحديات بالنسبة الى الاهداف

3

تتبع اهمية هذا البحث من الحاجة الماسة لمعالجة التحديات في عصر NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum). تشمل هذه التحديات:

- النمذجة الكلاسيكية للاجهزة الكمومية الضوضائية لتحديد الاخطاء بشكل كمي.
- محاكاة والتحكم بكفاءة في الانظمة الكمومية المعقدة.
- تحديد الحالات الكمومية والميزات الفيزيائية ذات الصلة بشكل فعال من البيانات التجريبية التي تولدها اجهزة NISQ.

لاحظت ان البحث يؤكد ان تعلم الالة ببروتوكولات التحسين الخاصة به، والنماذج المرنة، وتقنيات تقليل الابعاد، مما يساهم بشكل جيد لذلك فان البحث مهم لانه يستكشف ويطور ادوات تعلم الالة التي تعتبر جزءا لا يتجزأ من تقدم التقنيات الكمومية في سيناريوهات عملية.

تقييم الاهداف العامة والخاصة مقابل معايير SMART:

- **محدد (Specific):** يركز البحث على تطبيقات محددة لتعلم الالة في الحوسبة والمحاكاة الكمومية، مثل تمثيل الحالة، والتحكم الامثل، واكتشاف انتقال الطور، والتصوير المقطعي للحالة. هذه مناطق محددة جيدا.
- **قابل للقياس (Measurable):** يقدم البحث نتائج قابلة للقياس. على سبيل المثال، تحسين سرعة اخذ العينات التراجعي (100 ضعف اسرع على GPU مقابل CPU)، ودقة الحالات الكمومية المعاد بناؤها، واداء البوابات الكمومية المحسنة من حيث الدقة والسرعة مقارنة بالطرق الحالية. كما توفر القدرة على تحديد اخطاء الطاقة والمسافات بين الحالات الكمومية نتائج قابلة للقياس.
- **قابل للتحقيق (Achievable):** يوضح البحث، الذي بلغ ذروته في اطروحة الدكتوراه، ان الاهداف كانت قابلة للتحقيق في الإطار الزمني والموارد المتاحة. يدعم ذلك التطوير والتطبيق الناجحين لتقنيات تعلم الالة المقترحة لمختلف المشكلات الكمومية.
- **ذو صلة (Relevant):** البحث ذو صلة عالية بالتحديات الحالية في الحوسبة الكمومية، خاصة في عصر NISQ، كما هو موضح في قسم الاهمية. تعتبر القدرة على محاكاة الانظمة الكمومية والتحكم فيها وتوصيفها بكفاءة امرا بالغ الاهمية لتقدم المجال.
- **محدد زمنيا (Time-bound):** في حين ان اطروحة الدكتوراه نفسها لها قيد زمني، فان الاهداف الفردية داخل البحث ليست محددة زمنيا بشكل صريح بالطريقة التي يمكن ان يكون بها تسليم المشروع. ومع ذلك، فان سياق معالجة تحديات المدى القريب يشير الى الحاج معين واهمية للمرحلة الحالية من تطوير التكنولوجيا الكمومية.

الفرق بين الاهمية والاهداف:

- **الاهداف** هي الاهداف المحددة والملموسة التي يهدف البحث الى تحقيقها. انها "ماذا" في البحث - ما هي الاسئلة التي سيتم الاجابة عليها، وما هي المشكلات التي سيتم حلها، او ما هي الطرق الجديدة التي سيتم تطويرها. يجب ان تكون الاهداف مثالية ومحددة وقابلة للقياس، وتوجه عملية البحث وتوفر معايير للنجاح.
- **الاهمية** تشرح سبب اهمية البحث. انها تتناول التأثير الاوسع ومساهمة البحث في المجال وخارجه. تسلط الاهمية الضوء على اهمية البحث في معالجة المشكلات الهامة، وتطوير المعرفة، او القيادة الى تطبيقات عملية. انها تجيب على سؤال "لماذا يجب ان يهتم اي شخص؟".

لهذا نجد في سياق البحث:

- **تركز الاهداف** على تطوير وتطبيق تقنيات تعلم الالة المحددة لحل مشاكل معينة في الحوسبة والمحاكاة الكمومية (مثل اخذ العينات بشكل اسرع، والبوابات المحسنة، واكتشاف الطور، والتصوير المقطعي الفعال).
- **تكمن الاهمية** في حقيقة ان تحقيق هذه الاهداف يساهم في التغلب على القيود الرئيسية للتقنيات الكمومية الحالية، خاصة في عصر NISQ، ويمهد الطريق لمحاكاة وتحكم وتوصيف اكثر فعالية للأنظمة الكمومية.

صياغة اهداف بحث واهمية SMART لبحث مستقبلي:

6

دعنا نقترح موضوع لبحث في تعلم الالة الكمي: "تعلم الالة الكمي الكلاسيكي الهجين لتخفيف الاخطاء في الاجهزة الكمومية الضوضائية متوسطة النطاق".

اهداف بحث SMART المقترحة:

- **قابل للقياس:** تحديد اداء تخفيف الاخطاء للخوارزمية المقترحة عن طريق قياس التحسن في دقة الخوارزميات الكمومية المحددة (مثل تقدير الطور الكمي، والمحلل الذاتي الكمي المتغير) عند تشغيلها على اجهزة NISQ المستهدفة مع وبدون تطبيق تقنية تخفيف الاخطاء. سيتم قياس الاداء من حيث تقليل الاخطاء القابلة للملاحظة وزيادة دقة الاخراج بنسبة 15% على الاقل لدوائر قياسية ضمن نطاق تعقيد محدد (مثل ما يصل الى 20 كيوبتا و 50 بوابة).
- **قابل للتحقيق:** تنفيذ واختبار الخوارزمية المقترحة باستخدام منصات او محاكيات الحوسبة الكمومية المتاحة التي تصمم بدقة خصائص الضوضاء لاجهزة NISQ المختارة. سيتم اختيار تعقيد الدوائر الكمومية ونماذج تعلم الالة الكلاسيكية لتكون ضمن الموارد الحسابية المتاحة لمشروع الدكتوراه.
- **ذو صلة:** معالجة التحدي الحاسم للضوضاء الذي يحد من اداء اجهزة NISQ، وبالتالي المساهمة في تطوير حسابات كمومية اكثر موثوقية وفائدة. يعد تخفيف الاخطاء مجالاً رئيسياً للبحث لتحقيق امكانيات اجهزة الكمبيوتر الكمومية قريبة المدى.
- **محدد زمنياً (ضمني):** تحقيق واظهار نتائج تخفيف الاخطاء في الاطار الزمني النموذجي لاطروحة الدكتوراه (مثل في غضون 3-4 سنوات). ستشمل المعالم تطوير الخوارزمية، واختبار المحاكاة، والتحقق التجريبي المحتمل على الاجهزة الكمومية.

دعنا نقترح موضوع لبحث في تعلم الآلة الكمي: "تعلم الآلة الكمي الكلاسيكي الهجين لتخفيف الأخطاء في الأجهزة الكمومية الضوضائية متوسطة النطاق".

الأهمية المقترحة للأطروحة المستقبلية:

- سيكون التطوير والتقييم الناجح لخوارزمية هجينة كمومية-كلاسيكية لتعلم الآلة لتخفيف الأخطاء ذا أهمية لعدة أسباب:
- **تحسين قابلية استخدام أجهزة NISQ:** من خلال تخفيف الأخطاء بشكل فعال، سيساهم البحث في جعل أجهزة كمبيوتر NISQ أكثر موثوقية وقدرة على معالجة المشكلات التي تتجاوز قدرة الحوسبة الكلاسيكية.
- **تطوير منهجيات هجينة كمومية-كلاسيكية جديدة:** ستستكشف الأطروحة الاستخدام التآزري للدوائر الكمومية المتغيرة وتعلم الآلة الكلاسيكي، مما قد يفتح آفاقًا جديدة لتصميم الخوارزميات الكمومية ومعالجة قيود الأجهزة.
- **توفير تقنيات عملية لتخفيف الأخطاء:** يمكن تطبيق الخوارزمية المطورة، إذا نجحت، على أجهزة الكموم الحقيقية، مما يوفر أداة قيمة لتحسين دقة الحسابات الكمومية في المدى القريب.
- **المساهمة في فهم الضوضاء في الأنظمة الكمومية:** ستوفر عملية تطوير وتقييم استراتيجية تخفيف الأخطاء رؤى حول طبيعة الضوضاء في أجهزة الكموم المستهدفة وكيف يمكن استخدام تعلم الآلة لمواجهة آثارها.
- **التأثير المحتمل على أداء الخوارزميات الكمومية:** يمكن أن تؤدي الدقة المحسنة من خلال تخفيف الأخطاء إلى نتائج أكثر دقة لمختلف الخوارزميات الكمومية، مما يعزز فائدتها العملية في مجالات مثل اكتشاف الأدوية، وعلم المواد، والتحسين.



Thank You