



RSC777-3

قضایا بحثیة 3

Task2

Prepared by

Mohammed Omar Bin Makhashen

242001540@st.midocean.edu.km

محمد عمر بن مخاشن

Ph.D. student in IT

2025-Feb-15

المحتوى

ملخص لاهم الابحاث العلمية

- تحليل اهم الاتجاهات البحثية
- تحليل اهم الفجوات البحثية

الصفحات:

- التعريف بالمجال والعنوان لبحثي للدكتوراه (من صفحة 3 الى صفحة 7)
- الجوانب التي أخذتها في الاعتبار عند تحديد مجال البحث وعنوان البحث من الناحية العلمية (من صفحة 8 الى صفحة 9)
- قائمة المراجع التي تم تلخيصها (11 مرجع) (من صفحة 10 الى صفحة 16)
- تحليل اهم الاتجاهات والفجوات البحثية لكل بحث على حدى (من صفحة 15 الى صفحة 26)

عنوان مقترح الدكتوراه الذي اعمل عليه:

تطوير وتحليل خوارزميات تعلم آلي كمومية هجينة للتصنيف الفعال للبيانات الكمومية

Development and Analysis of Hybrid Quantum Machine Learning Algorithms for Efficient Classification of Quantum Data

مشكلة البحث:

مع التطور المطرد لأجهزة الكمبيوتر الكمومية، تزداد الحاجة إلى خوارزميات تعلم آلي كمومية قادرة على استغلال القدرات الفريدة لهذه الأجهزة لمعالجة وتحليل البيانات الكمومية بكفاءة. في حين أن بعض خوارزميات التعلم الآلي الكمومية الأساسية، مثل خوارزمية "آلات المتجهات الداعمة الكمومية" (Quantum Support Vector Machines - QSVM)، قد أظهرت نتائج واعدة في بعض المشاكل، إلا أنها غالبًا ما تعاني من قيود في قابلية التوسع، والحساسية للضوضاء الكمومية، والقدرة على التعامل مع أنواع مختلفة من البيانات الكمومية. (يتبع..)

مشكلة البحث: (استكمال)

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير وتحليل خوارزميات تعلم آلي كمومية "هجينة" جديدة تجمع بين عناصر من الخوارزميات الكلاسيكية والكمومية للاستفادة من نقاط القوة في كلا النهجين. سيتم تصميم هذه الخوارزميات خصيصًا للتصنيف الفعال للبيانات الكمومية، مع التركيز على تقليل التكلفة الحسابية، وتحسين الأداء في ظل وجود ضوضاء، وزيادة المرونة في التعامل مع أنواع مختلفة من البيانات الكمومية.

خلفية البحث:

تتميز أجهزة الكمبيوتر الكمومية بقدرتها على إجراء عمليات حسابية لا يمكن تنفيذها بكفاءة باستخدام أجهزة الكمبيوتر الكلاسيكية. يمكن لخوارزميات التعلم الآلي الكمومية أن تستغل هذه القدرات الفريدة لحل المشاكل التي تتجاوز قدرة الخوارزميات الكلاسيكية. ومع ذلك، فإن بناء خوارزميات تعلم آلي كمومية عملية يمثل تحديًا كبيرًا بسبب محدودية حجم أجهزة الكمبيوتر الكمومية الحالية (عدد الكيوبتات) وتأثيرها بالضوضاء. (يتبع...)

Chapter

تعريف بمجال بحثي وعنوان البحث

3

خلفية البحث: (استكمال)

تعتبر الخوارزميات الهجينة نهجًا واعدًا للتغلب على هذه القيود. تجمع هذه الخوارزميات بين العمليات الحسابية الكمومية الأساسية (مثل إعداد الحالات الكمومية وقياسها) مع معالجة كلاسيكية للبيانات وتحسين النماذج. يمكن للخوارزميات الهجينة أن تقلل من متطلبات الموارد الكمومية وتقليل تأثير الضوضاء، مما يجعلها أكثر قابلية للتطبيق على أجهزة الكمبيوتر الكمومية الحالية والمستقبلية.

المتغيرات:

- المتغير التابع (Dependent Variable):

- **دقة التصنيف:** تقاس بالنسبة المئوية للعينات التي تم تصنيفها بشكل صحيح.
- **وقت التدريب:** يقاس بالوقت اللازم لتدريب الخوارزمية على مجموعة بيانات معينة.
- **القدرة على التعميم:** تقاس بأداء الخوارزمية على بيانات لم يتم استخدامها في التدريب.
- **مقاومة الضوضاء:** تقاس بمدى تأثير الضوضاء الكمومية على دقة التصنيف.
- **قابلية التوسع:** تقاس بمدى زيادة التكلفة الحسابية مع زيادة حجم البيانات.

المتغيرات: (استكمال)

- المتغيرات المستقلة (Independent Variables):
 - هيكلية الخوارزمية الهجينة: (نوع الدوائر الكمومية المستخدمة، طريقة دمج العمليات الكلاسيكية والكمومية، إلخ).
 - نوع البيانات الكمومية المستخدمة: (حالات كيوبت، حالات متعددة الكيوبتات، إلخ).
 - حجم مجموعة التدريب: (عدد العينات المستخدمة في التدريب).
 - مستوى الضوضاء الكمومية: (شدة الضوضاء المطبقة على الكيوبتات).

فرضية البحث:

نفترض أن خوارزمية التعلم الآلي الكمومية الهجينة المصممة باستخدام [هيكلية الخوارزمية الهجينة] ستتفوق على خوارزميات التعلم الآلي الكلاسيكية والكمومية الأخرى في تصنيف [نوع البيانات الكمومية] من حيث الدقة ووقت التدريب والقدرة على التعميم ومقاومة الضوضاء.

الأهداف:

- تصميم خوارزميات تعلم آلي كمومية هجينة جديدة للتصنيف الفعال للبيانات الكمومية.
- تحليل الأداء النظري لخوارزميات التعلم المقترحة.
- تنفيذ وتقييم خوارزميات التعلم المقترحة على أجهزة كمبيوتر كمومية حقيقية أو محاكاة.
- تحديد الميزات الرئيسية التي تساهم في نجاح خوارزميات التعلم الآلي الكمومية الهجينة.
- تقديم إرشادات عملية لتصميم وتنفيذ خوارزميات التعلم الآلي الكمومية الهجينة.

6

الجوانب التي أخذتها في الاعتبار عند تحديد مجال البحث وعنوان البحث من الشناحية النظرية

- **الملاءمة للموضوع:**

- تأكدت من أن العنوان ومشكلة البحث يقعان ضمن مجال "النماذج الحسابية في ميكانيكا الكم" مع التركيز على خوارزميات التعلم الآلي الكمومية.
- تم اختيار مشكلة بحثية ذات صلة بالتحديات الحالية والمستقبلية في هذا المجال.

- **التحديد والوضوح:**

- تم تعريف مشكلة البحث بشكل واضح ومحدد، مع التركيز على الجوانب التي لم تتم دراستها بشكل كافٍ (الخوارزميات الهجينة، مقاومة الضوضاء، قابلية التوسع).
- تم تحديد المتغيرات التابعة والمستقلة بشكل واضح وقابل للقياس، مما يسمح بتقييم نتائج البحث بشكل كمي.

- **الواقعية والقابلية للتطبيق:**

- تم اختيار مشكلة بحثية ذات أهمية عملية، حيث يمكن أن تساهم نتائجها في تطوير أجهزة كمبيوتر كمومية أكثر قوة وكفاءة.
- تم أخذ القيود الحالية لأجهزة الكمبيوتر الكمومية (حجم الكيوبتات، الضوضاء) في الاعتبار عند تصميم الخوارزميات المقترحة.

- الأسس النظرية:

- تم تقديم خلفية موجزة عن المفاهيم الأساسية في التعلم الآلي الكمومي، مثل خوارزميات التعلم الآلي الكلاسيكية والكمومية، والبيانات الكمومية، والضوضاء الكمومية.
- تمت الإشارة إلى الأعمال السابقة ذات الصلة بالموضوع لتوضيح المساهمة المحتملة للبحث.

- الفرضية القابلة للاختبار:

- تم صياغة فرضية بحثية محددة وقابلة للاختبار، تحدد العلاقة المتوقعة بين المتغيرات المستقلة والتابعة.

عدد المراجع 11 مرجع وهي مقسمة:

- مراجع اساسية في تعلم الالة الكمومي
- مراجع خوازميات تعلم الالة الكمومي الهجينة
- مقاومة الضوضاء في تعلم الالة الكمومي
- تطبيقات التصنيف الكمومي
- أوراق بحثية حول التوسع
- مراجعات عامة في مجال تعلم الالة الكمومي

أوراق بحثية تأسيسية في التعلم الآلي الكمومي:

- **Quantum machine learning: a classical perspective** by Ciliberto et al. (2018):
تقدم هذه الورقة مراجعة شاملة لمجال التعلم الآلي الكمومي من وجهة نظر كلاسيكية، وتناقش قدرات وقيود الخوارزميات الكمومية مقارنة بالخوارزميات الكلاسيكية.
 - **Quantum algorithms for pattern recognition** by Schuld et al. (2014):
تستكشف هذه الورقة مجموعة متنوعة من الخوارزميات الكمومية للتعرف على الأنماط، وتناقش تطبيقاتها المحتملة في مجالات مثل معالجة الصور والتعرف على الكلام.
- خوارزميات التعلم الآلي الكمومية الهجينة:
- **Variational quantum support vector machine** by Zhao et al. (2021):
تقترح هذه الورقة طريقة هجينة لدمج آلات المتجهات الداعمة الكمومية مع أجهزة الكمبيوتر الكمومية ذات الدوائر المتغيرة.

خوارزميات التعلم الآلي الكمومية الهجينة:

- **Variational quantum support vector machine** by Zhao et al. (2021):
تقترح هذه الورقة طريقة هجينة لدمج آلات المتجهات الداعمة الكمومية مع أجهزة الكمبيوتر الكمومية ذات الدوائر المتغيرة.
- **Hybrid quantum-classical neural networks with dynamic quantum circuits** by Mari et al. (2020):
تستكشف هذه الورقة استخدام شبكات عصبية هجينة تتكون من طبقات كلاسيكية وكمومية، مع دوائر كمومية ديناميكية.
- **Quantum transfer learning for high-dimensional data** by Pan et al. (2021):
تقترح هذه الورقة خوارزمية هجينة للتعلم بالنقل الكمومي تستخدم تمثيلات كمومية للبيانات عالية الأبعاد.

مقاومة الضوضاء في التعلم الآلي الكمومي:

- **Error-mitigated quantum machine learning** by Kandala et al. (2019):
تستكشف هذه الورقة طرقًا للتخفيف من تأثير الأخطاء الكمومية على أداء خوارزميات التعلم الآلي الكمومية.

مقاومة الضوضاء في التعلم الآلي الكمومي:

- **Error-mitigated quantum machine learning** by Kandala et al. (2019):
تستكشف هذه الورقة طرقًا للتخفيف من تأثير الأخطاء الكمومية على أداء خوارزميات التعلم الآلي الكمومية.
- **Training robust classifiers with quantum noise** by Ghosh et al. (2021):
تقترح هذه الورقة طريقة لتدريب مصنفات كمومية تكون مقاومة للضوضاء الكمومية.

تطبيقات التصنيف الكمومي:

- **Quantum machine learning for particle identification** by Blance and Spannowsky (2016):
تستكشف هذه الورقة استخدام خوارزميات التعلم الآلي الكمومية لتحديد الجسيمات في تجارب فيزياء الطاقة العالية.
- **Classification of phases of matter with neural networks** by Carrasquilla and Melko (2017):
تستخدم هذه الشبكة الورقة العصبية لتصنيف حالات المادة المختلفة.

أوراق بحثية حول التوسع:

Data re-uploading for a universal quantum classifier by Pérez-Salinas et al. (2020):

- تقدم هذه الورقة تقنية جديدة لتعزيز قدرة نماذج تعلم الآلة الكمومية على تمثيل البيانات المعقدة، مما يساهم في تحسين قابلية التوسع.

مراجعات عامة في مجال تعلم الآلة الكمومي:

Supervised learning with quantum computers by Schuld, M., Bergholm, V., Gogolin, C., Izaac, J., & Nath, M. A. (2015).

- تقدم هذه الورقة ملخص إلى أن التعلم الآلي الكمومي هو مجال واعد يمكن أن يقدم مزايا كبيرة على التعلم الآلي الكلاسيكي في بعض المشاكل.

-

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

1. "Quantum machine learning: a classical perspective" by Ciliberto et al. (2018):

الاتجاهات البحثية:

- تحليل مقارنة بين قدرات الخوارزميات الكلاسيكية والكمومية في التعلم الآلي.
- تحديد المشاكل التي يمكن أن تستفيد من الميزات الكمومية.
- استكشاف الأسس النظرية لحدود التعلم الآلي الكمومي.

الفجوات البحثية:

- تحليل أكثر تعمقًا للخوارزميات الهجينة التي تجمع بين العمليات الكلاسيكية والكمومية.
- دراسة تأثير الضوضاء الكمومية على أداء الخوارزميات الكمومية في سيناريوهات واقعية.
- تطوير مقاييس جديدة لتقييم أداء الخوارزميات الكمومية تتجاوز الدقة التقليدية.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

2. "Quantum algorithms for pattern recognition" by Schuld et al. (2014):

الاتجاهات البحثية:

- تطوير خوارزميات كمومية جديدة للتعرف على الأنماط.
- تحليل التعقيد الحسابي للخوارزميات الكمومية.
- تحديد التطبيقات المحتملة للخوارزميات الكمومية في مجالات مختلفة.

الفجوات البحثية:

- تحسين قابلية التوسع في الخوارزميات الكمومية لتتمكن من التعامل مع مجموعات بيانات كبيرة.
- استكشاف طرق للتغلب على تأثير الضوضاء الكمومية على أداء الخوارزميات.
- تقييم أداء الخوارزميات الكمومية على أجهزة كمبيوتر كمومية حقيقية.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

3. "Variational quantum support vector machine" by Zhao et al. (2021):

الاتجاهات البحثية:

- تطوير خوارزميات هجينة تجمع بين الخوارزميات الكلاسيكية والكمومية.
- استخدام الحوسبة الكمومية المتغيرة لحل مشاكل التحسين المعقدة.
- تطبيق خوارزميات التعلم الآلي الكمومية على أجهزة كمبيوتر كمومية ذات نطاق وسيط.

الفجوات البحثية:

- تحليل أعمق لتأثير اختيار الدائرة الكمومية على أداء الخوارزمية.
- استكشاف طرق لتقليل عدد الكيوبتات المطلوبة لتنفيذ الخوارزمية.
- تقييم أداء الخوارزمية على مشاكل تصنيف واقعية.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

4. "Hybrid quantum-classical neural networks with dynamic quantum circuits" by Mari et al. (2020):

الاتجاهات البحثية:

- دمج الشبكات العصبية الكلاسيكية مع الدوائر الكمومية الديناميكية.
- استخدام التعلم العميق الكمومي لحل المشاكل المعقدة.
- تطوير خوارزميات تعتمد على القياسات لحل مشكلة تدريب الشبكات.

الفجوات البحثية:

- تحليل أعمق لقدرة التعبير في الشبكات العصبية الهجينة.
- استكشاف طرق لتقليل تأثير الضوضاء الكمومية على أداء الشبكة.
- تقييم أداء الشبكة على مشاكل واقعية.

5. "Quantum transfer learning for high-dimensional data" by Pan et al. (2021):

الاتجاهات البحثية:

- تطوير خوارزميات للتعلم بالنقل الكمومي.
- استخدام تمثيلات كمومية للبيانات عالية الأبعاد.
- تطبيق التعلم بالنقل الكمومي على مشاكل واقعية.

الفجوات البحثية:

- تحليل أعمق لظروف نجاح التعلم بالنقل الكمومي.
- استكشاف طرق لتقليل التكلفة الحسابية للتعلم بالنقل الكمومي.
- تقييم أداء الخوارزمية على مجموعات بيانات كبيرة.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

6. "Error-mitigated quantum machine learning" by Kandala et al. (2019):

الاتجاهات البحثية:

- تطوير طرق للتخفيف من تأثير الأخطاء الكمومية على الخوارزميات الكمومية.
- تحليل مصادر الأخطاء المختلفة في أجهزة الكمبيوتر الكمومية.
- تحسين أداء الخوارزميات الكمومية على أجهزة الكمبيوتر الكمومية ذات النطاق المتوسط.

الفجوات البحثية:

- تطوير طرق أكثر فعالية للتخفيف من الأخطاء الكمومية.
- تحليل أثر طرق تخفيف الأخطاء على التعقيد الحسابي للخوارزميات.
- تقييم أداء الخوارزميات التي تم تخفيف الأخطاء عليها على مشاكل واقعية.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

7. "Training robust classifiers with quantum noise" by Ghosh et al. (2021):

الاتجاهات البحثية:

- تطوير طرق لتدريب المصنفات الكمومية لتكون مقاومة للضوضاء.
- تحليل تأثير الضوضاء الكمومية على أداء المصنفات.
- تحسين أداء المصنفات الكمومية على أجهزة الكمبيوتر الكمومية ذات النطاق المتوسط.

الفجوات البحثية:

- تطوير طرق أكثر فعالية لتدريب المصنفات لتكون مقاومة للضوضاء.
- تحليل العلاقة بين هيكل المصنف ومقاومته للضوضاء.
- تقييم أداء المصنفات المقاومة للضوضاء على مشاكل واقعية.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

8. "Quantum machine learning for particle identification" by Blance and Spannowsky (2016):

الاتجاهات البحثية:

- تطبيق الخوارزميات الكمومية على مشاكل فيزياء الطاقة العالية.
- استكشاف طرق لتحسين كفاءة معالجة البيانات في التجارب الفيزيائية.
- تحليل إمكانية تحقيق ميزة كمومية في مشاكل فيزياء الطاقة العالية.

الفجوات البحثية:

- تقييم أداء الخوارزميات الكمومية على مجموعات بيانات واقعية من التجارب الفيزيائية.
- استكشاف طرق لتقليل التكلفة الحسابية لخوارزميات المعالجة.
- تحليل تأثير الضوضاء الكمومية على أداء الخوارزميات في التجارب الفيزيائية.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

9. "Classification of phases of matter with neural networks" by Carrasquilla and Melko (2017):

الاتجاهات البحثية:

- استخدام الشبكات العصبية لتصنيف حالات المادة المختلفة.
- استكشاف العلاقة بين خصائص المادة والتمثيلات التي تعلمتها الشبكات العصبية.
- تطبيق الشبكات العصبية على مشاكل فيزياء المادة المكثفة.

الفجوات البحثية:

- تحليل أعمق لقدرة الشبكات العصبية على التمييز بين الحالات ذات الترتيب الطوبولوجي.
- استكشاف طرق لتحسين قابلية تفسير الشبكات العصبية المستخدمة لتصنيف حالات المادة.
- تطوير خوارزميات هجينة تجمع بين الشبكات العصبية والطرق التقليدية لتصنيف حالات المادة.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

10. "Data re-uploading for a universal quantum classifier" by Pérez-Salinas et al. (2020):

الاتجاهات البحثية:

- تطوير أساليب جديدة لتحسين قدرة تعلم الآلة الكمومية على تمثيل البيانات المعقدة.
- استكشاف تقنيات لتحسين أداء المصنفات الكمومية على أجهزة الكمبيوتر الكمومية ذات النطاق المتوسط.
- تطبيق المصنفات الكمومية على مشاكل واقعية.

الفجوات البحثية:

- تحليل أعمق لتأثير اختيار الدائرة الكمومية على أداء المصنف.
- استكشاف طرق لتقليل عدد الكيوبتات المطلوبة لتنفيذ المصنف.
- تقييم أداء المصنف على مجموعات بيانات كبيرة.

تحليل أهم الاتجاهات والفجوات البحثية

11. "Supervised learning with quantum computers" by Schuld, M., Bergholm, V., Gogolin, C., Izaac, J., & Nath, M. A. (2015):

الاتجاهات البحثية:

- تحليل المشهد العام للتعلم الخاضع للإشراف باستخدام الكمبيوترات الكمومية
- تقديم ومناقشة مجموعة واسعة من الأساليب
- التعرف على إمكانيات هذه الأساليب

الفجوات البحثية:

- التحليل الكامل لإيجابيات وسلبيات التقنيات المشمولة
- الحاجة إلى قياس أثر الضوضاء في الأجهزة الكمومية الحالية على أداء الخوارزميات المقدمة.
- اعتماد أداء هذه الطرق على مجموعات بيانات كبيرة.



Thank You