



RSC813-3

دراسات نقدية 3

Task6

Prepared by

Mohammed Omar Bin Makhashen

242001540@st.midocean.edu.km

محمد عمر بن مخاشن

Ph.D. student in IT

2025-Mar-15

المحتوى

رسالة الدكتوراه

عمل مقارنة بين رسالتين دكتوراة في نفس المجال وتحديد اوجه التشابه والاختلاف بينهما

- التعريف بالبحث
- المجال المشترك ووجه الشبه
- الاختلافات الرئيسية في النهج والمنهجية والاستنتاجات:
- خاتمة

Chapter

نبذة عامة عن الرسالة

1

رسالة الدكتوراة ٢

عنوان الرسالة: (The Dynamics and Control of Quantum Information)
(out of Equilibrium
ديناميكيات التحكم في المعلومات الكمومية الخارجة عن التوازن

اسم المؤلف: (Fergus Barratt)

الجامعة: (King's College London)

تاريخ تقديم الرسالة: Jul 2021

رسالة الدكتوراة ١

عنوان الرسالة: (Quantum Machine Learning Without Any)
(Quantum
التعلم الآلي الكمومي بدون أي كم

اسم المؤلف: (Ewin Tang)

الجامعة: (University of Washington)

تاريخ تقديم الرسالة: ٢٠٢٣

يقارن هذا التحليل ويقارن بين رسالتي دكتوراه تركزان على "التعلم الآلي الكمومي" (Quantum Machine Learning - QML)، بهدف تحديد المجال المشترك وأوجه التشابه المواضيعية والاختلافات الرئيسية في النهج والمنهجية والاستنتاجات. الرسالتان قيد الدراسة هما:

- رسالة "التعلم الآلي الكمومي بدون أي كم" (Quantum Machine Learning Without Any Quantum) : يفحص هذا العمل بشكل حاسم إمكانية السرعات الكمومية الأسية (Exponential Quantum Speedups) في التعلم الآلي من خلال تطوير نظائر كلاسيكية (Classical Analogues) لخوارزميات الجبر الخطي الكمومي (Quantum Linear Algebra Algorithms).
- رسالة "ديناميات التحكم في المعلومات الكمومية الخارجة عن التوازن" (The Dynamics and Control of Quantum Information Out of Equilibrium): يبحث هذا البحث في ديناميكيات الأنظمة الكمومية متعددة الأجسام (Quantum Many-Body Systems)، واستكشاف جوانب مثل الترميز التشكيلي (Thermalisation) والتشابك (Entanglement) ودور البيئة (Environment)، مع التوغل أيضًا في خوارزميات الحوسبة الكمومية والخوارزميات الكلاسيكية المستوحاة من الكموم (Quantum-Inspired Classical Machine Learning Algorithms).

المجال المشترك وأوجه التشابه المواضيعية:

على الرغم من عناوينهم بـ QML، فإن كلتا الرسالتين تتحدث بشكل رئيسي في المجالات المتداخلة لـ المعلومات الكمومية (Quantum Information) والحوسبة (Computation)، وإلى حد متفاوت، التعلم الآلي. تظهر العديد من أوجه التشابه المواضيعية:

- **المعلومات الكمومية في الجوهر:** تستند كلتاها إلى مبادئ ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics) ومقاييس الحالة الكمومية (Quantum States) والتشابك والعمليات الكمومية (Quantum Operations). تستفيدان من الصيغ الكمومية كأدوات للتحقيق.
- **التركيز الخوارزمي:** تستكشف كلتا الرسالتين مناهج خوارزمية (Algorithmic Approaches). تركز **رسالة الاولى** على الخوارزميات الكلاسيكية التي "تزيل الكم" (Dequantize) من الخوارزميات الكمومية، بينما تتعمق **رسالة الثانية** في الخوارزميات الخاصة بالمحاكاة الكمومية (Quantum Simulation Algorithms) والمناهج الكمومية والكلاسيكية الهجينة المستوحاة من الكموم (Hybrid Quantum-Classical Approaches) للتعلم الآلي.
- **التعقيد الحسابي والكفاءة:** الاهتمامات المتعلقة بالتكلفة الحسابية (Computational Cost) والكفاءة (Efficiency) والتوسع (Scaling) ضرورية لكلا العاملين. تهتم **رسالة الاولى** بشكل صريح بنظرية التعقيد الحسابي (Computational Complexity Theory) فيما يتعلق بالسرعات الكمومية. يشارك **الرسالة الثانية** على الرغم من دوافعه الفيزيائية، أيضًا جوانب التكلفة الحسابية في تطورات الخوارزمية.

المجال المشترك وأوجه التشابه المواضيعية: (...استكمال)

على الرغم من عناوينهم بـ QML، فإن كلتا الرسالتين تتحدث بشكل رئيسي في المجالات المتداخلة لـ المعلومات الكمومية (Quantum Information) والحوسبة (Computation)، وإلى حد متفاوت، التعلم الآلي. تظهر العديد من أوجه التشابه المواضيعية:

- **الاعتراف بقيود الأنظمة الكمومية:** يعترف كلا العاملين بقيود الحوسبة الكمومية (Limitations of Quantum Computing) ويتناولونها. تسلط **رسالة الاولى** الضوء على القيود التي تفرضها نماذج الإدخال/الإخراج (Input/Output Models) في خوارزميات QML، مما يشكك في تحقيق السرعات الكمومية الأسية في إعدادات معينة. يتعامل **الرسالة الثانية** مع الضوضاء (Noise) (ضمنيًا من خلال استكشاف الترميز التشكيلي (Thermalisation)، وصريحًا عبر معايير الرقابة والتوصية) كعامل مقيد في الحوسبة الكمومية في العالم الحقيقي.
- **ربط الكم بالكلاسيكية:** كل من العاملين، بطريقته الخاصة، يربط الفجوة بين المجالات الكمومية والكلاسيكية. تحقق **رسالة الاولى** ذلك من خلال إنشاء نظائر كلاسيكية للخوارزميات الكمومية. تربط **رسالة الثانية** من خلال استخدام رؤى الكم لتطوير خوارزميات كمومية للمحاكاة وخوارزميات كلاسيكية مستوحاة من الكموم للتعلم الآلي هجينة.
- **اتجاهات البحث المستقبلية:** تختتم كلتا الرسالتين باقتراح اتجاهات بحث مستقبلية (Future Research Directions). تشير **رسالة الاولى** إلى أسئلة مفتوحة محيطة باستراتيجيات ترميز الكتلة البديلة وتحسينات في تقنيات إزالة التكميم لخوارزميات QSVT المعقدة. تشير **رسالة الثانية** إلى اتجاهات بحث مفتوحة للتحكم الكمي، وتحسين تقنيات QML ضمن سياق NISQ، وفهم قيود "التسارع متعدد الحدود" في سياق إطاره.

الاختلافات الرئيسية في النهج والمنهجية والاستنتاجات:

على الرغم من هذه الأسس المشتركة، تتباعد الرسائل بشكل كبير في تركيزاتها المحددة ومنهجياتها وأهدافها النهائية:

نقاط الاختلاف	الرسالة الاولى: "التعلم الآلي الكمومي بدون أي كم" (Tang Thesis)	الرسالة الثانية: "ديناميات التحكم في المعلومات الكمومية الخارجة عن التوازن" (Barratt Thesis)
التركيز الأساسي	إزالة التكميم للجبر الخطي لـ QML: تقييم حاسم لسرعات الكمومية الأسية المزعومة (Exponential Quantum Speedups) في التعلم الآلي من خلال بناء خوارزميات كلاسيكية (Classical Algorithms) فعالة.	ديناميات الأنظمة الكمومية متعددة الأجسام: استكشاف السلوك الأساسي للأنظمة الكمومية متعددة الأجسام (Quantum Many-Body Systems)، مع مراعاة الترميز التشكيلي والتشابك والتحكم والخوارزميات الكمومية والكلاسيكية الهجينة المستوحاة من الكموم.
المنهجية	نظرية ومنهجية خوارزمية في المقام الأول: براهين رسمية (Formal Proofs)، نظرية التعقيد الحسابي (Computational Complexity Theory)، الجبر الخطي العددي العشوائي (التخطيط وأخذ العينات) (Randomized Numerical Linear Algebra)، الحدود التحليلية، براهين إزالة التكميم (Dequantization Proofs).	النمذجة الفيزيائية والمنهجية الهجينة (النظرية/الحسابية): نظرية حقل كاديش (Keldysh Field Theory)، معادلات لانجفين (Langevin Equations)، شبكات التوتر (MPS) (Tensor Networks - Matrix Product States)، محاكاة عددية (Numerical Simulation)، قياس الأداء المعياري.

الاختلافات الرئيسية في النهج والمنهجية والاستنتاجات: (..استكمال)

نقاط الاختلاف	الرسالة الاولى: "التعلم الآلي الكمومي بدون أي كم" (Tang Thesis)	الرسالة الثانية: "ديناميات التحكم في المعلومات الكمومية الخارجة عن التوازن" (Barratt Thesis)
افتراضات الإدخال ونموذج البيانات	التأكيد على هيكل بيانات الإدخال: تمييز بين البيانات المتفرقة (الاعتراف بالتسارع الأسّي) مقابل البيانات الكثيفة ذات الترتيب المنخفض المستندة إلى QRAM. التركيز على البيانات الكلاسيكية: المصفوفات/المتجهات التي يتم الوصول إليها عبر استعلام/عينة أو كلاكيته	التركيز على الأنظمة الفيزيائية: مجموعة البيانات هي بشكل واسع "أنظمة كمومية متعددة الأجسام وسلوكها الديناميكي". مجموعات البيانات المستكشفة معايير الرقابة وأنظمة التوصية (لقياس أداء الخوارزميات ML الكلاسيكية المستوحاة من الكم).
الهدف والنتائج	خوارزميات كلاسيكية "مزالة التكميم": بناء نظراء كلاسيكيين للخوارزميات الكمومية مع تباطؤ متعدد الحدود على الأكثر (Polynomial Slowdown).	خوارزميات وفهم للظواهر الفيزيائية: تطوير: (أ) خوارزميات المحاكاة الكمومية (بشكل خاص طرق شبكات التوتر القائمة على المحاكاة الكمومية)، (ب) الخوارزميات الكلاسيكية المستوحاة من الكموم: لمهمة ML معينة، ليست فقط إزالة تكميم عامة ولكن أيضاً الابتكار واستكشاف الطرق الكمومية المطبقة كلاسيكياً.

الاختلافات الرئيسية في النهج والمنهجية والاستنتاجات: (..استكمال)

نقاط الاختلاف	الرسالة الاولى: "التعلم الآلي الكمومي بدون أي كم" (Tang Thesis)	الرسالة الثانية: "ديناميات التحكم في المعلومات الكمومية الخارجة عن التوازن" (Barratt Thesis)
طبيعة "الكمومية"	تقليل/التشكيك في "الكمومية": إزالة التكميم يدور بشكل أساسي حول محاكاة وأحياناً تجاوز "الكمومية" QML المزعومة كلاسيكياً. يجادل بأن الميزة الكمومية الأسية الحقيقية لخوارزميات الجبر الخطي QML العديد غير مرجحة لمدخلات البيانات الكلاسيكية.	استكشاف وتسخير "الكمومية": التحقيق في دور الظواهر الكمومية الحقيقية (التشابك والتراكب) في الفيزياء الكمومية متعددة الأجسام والحوسبة، والبحث عن ميزة كمومية حيث من المرجح أن تظهر (المحاكاة)، واستغلال الرؤى الكمومية لإنشاء خوارزميات هجينة أفضل.
التركيز على التطبيقات	تركيز خوارزمي محدد لـ QML: إزالة تكميم مفصلة لـ تحويل القيم المفردة الكمومية (QSVT) والعديد من تطبيقات QML داخل إطار عمل الجبر الخطي/QSVT.	تطبيق أوسع ومتعدد الجوانب وقائم على الفيزياء: التركيز عبر مختلف مجالات الفيزياء و ML - المحاكاة الكمومية (ديناميكيات هاميلتونية)، قياس الأداء المعيارية للخوارزميات QML الكمومية الكلاسيكية الهجينة، الخوارزميات الكلاسيكية المستوحاة من الكموم مثل تحليل التمييز.

الاختلافات الرئيسية في النهج والمنهجية والاستنتاجات: (..)

(استكمال)

الاستنتاجات:

- **الرسالة الاولى:** تقدم نقدًا صارمًا ومدفوعًا نظريًا لرسالة التسريع الأسي QML. من خلال بناء إطار عمل شامل ل"إزالة التكميم" من فئة واسعة من خوارزميات الجبر الخطي QML، يتحدى عمل تانغ نطاق الميزات الكمومية القابلة للتحقق للتعلم الآلي، على وجه التحديد بموجب افتراضات نموذج الإدخال والوصول إلى البيانات الكلاسيكية لخوارزميات QML التي تتطلب تقييمًا أدق مقابل مقارنة عادلة بين طرق الوصول إلى البيانات والمدخلات الكلاسيكية. المساهمة الأساسية تكمن في منهجيتها - إظهار جدوى إنشاء خوارزميات كلاسيكية متعددة الحدود تحاكي النظائر الكمومية باستخدام التقنيات العشوائية، مع تسليط الضوء على أهمية نموذج الوصول إلى البيانات في تقييم مطالبات QML
- **الرسالة الثانية:** تقدم بحثًا أوسع وأكثر استكشافية وتركيزًا على الفيزياء. بينما تنخرط رسالة بارات أيضًا مع خوارزميات وأداء QML، تتعمق في فهم الفيزياء الأساسية للأنظمة الكمومية المعقدة. تكمن مساهمة رسالة دكتوراه بارات في بناء أطر عمل (خوارزميات مستوحاة من نظرية حقل كاديث، طرق شبكات التوتر) مفيدة للمحاكاة الكمومية للظواهر الكمومية متعددة الأجسام، إنشاء طرق هجينة خوارزمية كلاسيكية كمومية لمناهج QML الملهممة وإظهار *الجدوى لقياس الأداء عمليًا باستخدام مناهج الحوسبة الهجينة، وتقييم الخوارزميات الكلاسيكية الملهممة لكم مثل تحليل التمييز أو الموصين لن مهام ML بعيدًا عن مجرد تحدي عمليات التسريع.

في الختام، في حين تتناول كلتا الرسالتين موضوعات في التعلم الآلي الكمومي، **فإن الرسالة الاولى** هي نقد مركز ومنهجي وصارم وقائم على نظرية التعقيد للتسريع الكمومي المطالب به، وتقديم إطار عمل كلاسيكي قوي.

رسالة دكتوراه الثانية تقدم استكشافًا أوسع للأنظمة الكمومية متعددة الأجسام وتقوم بتطوير خوارزميات لكل من المحاكاة الكمومية و ML الكلاسيكي المستوحى من الكموم، مدفوعة بمبادئ كمومية في سياق يركز على الفيزياء أوسع نطاقًا من مجرد عمليات التسريع. إنها تمثل وجهات نظر متكاملة على مجال السرعات الكمومية QML:

تهدف إحدهما إلى تحديد ونقد، بينما تهدف الأخرى إلى استكشاف وتسخير قوة وقيود الحوسبة المستوحاة من الكموم، مما يؤدي إلى تقدم عبر تصميمات الخوارزميات الكلاسيكية والكمومية.



Thank You