



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Capturing dynamics with noisy quantum computers

Dechant, D.S.

Citation

Dechant, D. S. (2026, February 17). *Capturing dynamics with noisy quantum computers*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4290771>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4290771>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Quantum computing vertegenwoordigt een fundamenteel nieuw paradigma van berekening en maakt nieuwe aanpakken mogelijk voor problemen die onoplosbaar zijn voor klassieke computers. Aangezien de momenteel beschikbare quantum apparaten klein, ruisgevoelig, onbetrouwbaar en duur zijn, is veel van de huidige vooruitgang gebaseerd op theoretische analyse en klassieke simulaties om hun mogelijkheden en beperkingen te begrijpen.

Dynamica beschrijft hoe de toestand van een systeem in de tijd verandert en kan wiskundig worden weergegeven door modellen zoals differentiaalvergelijkingen of tijdreeksen. In dit proefschrift onderzoeken we de toepassing van quantum computing om dergelijke dynamica vast te leggen vanuit verschillende complementaire perspectieven.

In het inleidende Hoofdstuk 1 presenteren we de fundamentele concepten. We introduceren quantum computing, variationele quantum algoritmen en ruis door sampling. Als toepassingen van variationele quantum computing bespreken we het oplossen van differentiaalvergelijkingen, quantum machine learning en toepassingen in de financiële sector. Ten slotte schetsen we verschillende onderzoeksvragen en beschrijven we de algemene structuur van het proefschrift.

In Hoofdstuk 2 onderzoeken we de rol van afgeleiden in quantum machine learning. We tonen aan dat geparametriseerde quantum circuits zowel functies als hun afgeleiden willekeurig goed kunnen benaderen, mits de invoergegevens op de juiste manier worden herschaald. Bovendien laten we zien dat het opnemen van zowel functiewaarden als afgeleidewaarden in de trainingsdataset de gegarandeerde benadering van de getrainde quantum modellen verbetert, waardoor benadering in sterkere normen mogelijk wordt die anders onbereikbaar zouden zijn. Aangezien de dynamica van een functie wordt bepaald door haar afgeleiden, verduidelijken deze inzichten hoe quantum machine learning

dynamisch gedrag effectief kan vastleggen.

In Hoofdstuk 3 analyseren we een klasse van quantum algoritmen die zijn ontworpen om differentiaalvergelijkingen op te lossen. We voeren een foutenanalyse en een schatting van de benodigde middelen uit, met de nadruk op fouten die voortkomen uit de klassieke Runge-Kutta-subroutines evenals uit ruis door sampling bij het evalueren van quantum circuits. We passen deze schattingen toe op een differentiaalvergelijking uit de financiële optieprijzing en vergelijken hoe verschillende Runge-Kutta-methoden de totale benodigde rekenmiddelen beïnvloeden.

Quantum toestandstomografie is het proces waarbij een quantum toestand wordt gereconstrueerd uit meetgegevens en vormt een belangrijke subroutine in veel quantum algoritmen. In Hoofdstuk 4 presenteren we een methode om ruis door sampling in quantum toestandstomografie te verminderen door zowel meetgegevens als fysische beperkingen te formuleren als een semidefinit programma. We tonen aan dat, afhankelijk van de onderliggende quantum toestand, er ruisregimes bestaan waarin onze methode beter presteert dan andere geavanceerde tomografietechnieken.

Ten slotte demonstreren we in Hoofdstuk 5 de toepassing van quantum generatieve adversariële netwerken voor het genereren van synthetische financiële tijdreeksen. We simuleren de quantum circuits met behulp van zowel volledige toestandsimulaties als tensor-netwerk gebaseerde simulaties. Voor klassieke modellen blijft het een uitdaging om synthetische financiële tijdreeksen te genereren die zowel de doelverdelingen volgen als realistische temporele correlaties vertonen. We tonen aan dat onze quantum modellen deze statistische en temporele eigenschappen kwalitatief goed kunnen vastleggen.