



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Hybrid quantum-classical metaheuristics for automated machine learning applications

Von Dollen, D.J.

Citation

Von Dollen, D. J. (2025, November 18). *Hybrid quantum-classical metaheuristics for automated machine learning applications*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4282905>

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/1887/4282905>

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

Samenvatting

Deze scriptie verkent opkomende en overlappende onderzoeksgebieden in machine learning, optimalisatie en quantum computing. Ondanks dat het nog in zijn beginfase verkeert, belooft quantum computing aanzienlijke theoretische en praktische vooruitgang in verwerkingskracht en efficiëntie voor bepaalde klassen van problemen. We beginnen met een fundamenteel begrip van de kwantummechanica en de toepassing ervan op quantum computing, waarbij we kwantumlogische poorten, circuits en kwantumverstrooiing bespreken in hoofdstuk 2. In dit hoofdstuk geven we ook een overzicht van machine learning-methoden, evenals een discussie over de bias-variance trade-off en de no free lunch stellingen en hun implicaties voor machine learning en optimalisatie.

De scriptie duikt ook in quantum machine learning, een snel evoluerend onderzoeksgebied dat onderzoekt welke leeropdrachten baat kunnen hebben bij een quantumcomputer. Hoofdstuk 3 onderzoekt hoe kwantumverstrooiingssystemen kunnen worden gebruikt om de functiekeuze te verbeteren met het oog op optimalisatie van machine learning-pipelines, waarbij een real-world toepassing wordt getoond in functiekeuze voor voorspelling van voertuigprijzen om de praktische voordelen van deze kwantumverbeterde methoden te demonstreren.

In hoofdstukken 4 en 5 introduceren we een nieuwe methode van kwantumverbeterde selectie voor evolutionaire algoritmen via kwadratische onbegrensde binaire optimalisatie en hybride kwantum-klassieke oplosers, waarbij hun effectiviteit wordt geïllustreerd in het vinden van optima over verschillende objectieve functies. Deze kwantumverbeterde evolutionaire algoritmen worden ingezet als metaheuristieken voor hyperparameteroptimalisatie en het vinden van optimale configuraties voor diepe neurale netwerken voor begeleide leeropdrachten over 34 real-world datasets. Deze hoofdstukken onderzoeken ook hoe deze metaheuristieken kunnen worden toegepast op de neuro-evolutie van neurale netwerken voor het leren van controlebeleid van versterk-

ende leeralgoritmen.

In hoofdstuk 6 verschuift de focus van de studie naar kernelbenaderingsmethoden en de rol van kwantumgegevens in quantum machine learning. Karakterisering en vergelijking tussen kwantumkenmerkafbeeldingen en traditionele kernelmethode benadrukken het potentieel van kwantumkernelmethoden om gegevensanalyse- en modeltrainingsprocessen te verbeteren. De verkenning van schaarse QUBO en kwantumverbeterde schatters voor Bayesian-optimalisatie benadrukt de praktische implicaties van kwantumvoortgang bij het aanpakken van real-world machine learning-uitdagingen, zoals hyperparameteroptimalisatie van diepe leermiddelen.

Gedurende de scriptie is het duidelijk dat hoewel quantum computing spannende perspectieven biedt voor machine learning, de technologie nog in haar beginstadium verkeert met verschillende beperkingen en uitdagingen. Deze omvatten kwesties met betrekking tot de schaalbaarheid, mate van connectiviteit en coherentie van kwantumsystemen. Echter, de voortdurende verbeteringen in kwantumhardware en de nieuwe benaderingen voor het hybridiseren van kwantum- en klassieke technieken suggereren een veelbelovende toekomst waarin deze uitdagingen kunnen worden overwonnen, waardoor de mogelijkheden en efficiëntie van machine learning-systemen worden verbeterd.

Over het algemeen heeft de scriptie tot doel de potentiële intersecties van quantum computing en machine learning te demonstreren, inzichten te bieden in hoe quantum- en quantum-geïnspireerde technologieën kunnen worden geïncorporeerd om het veld van geautomatiseerd machine learning te bevorderen, ondanks de huidige beperkingen en vroege fase van quantumtechnologie.