

양자컴퓨터와 AI 결합, QML이란?

(2026.05.23., 양자정보연구지원센터)

□ Quantum Machine Learning

- 양자 머신러닝(QML, Quantum Machine Learning)은 양자컴퓨팅과 인공지능(AI)을 결합한 차세대 계산 기술임
 - 기존 머신러닝은 금융·신약개발·물류·제조 등 다양한 산업에서 활용되고 있음
 - 그러나 데이터 규모와 문제 복잡도가 급격히 증가하면서 기존 컴퓨팅 자원의 한계가 나타나고 있음
 - QML은 양자컴퓨터의 중첩(superposition)·얽힘(entanglement)·간섭(interference) 특성을 활용해 특정 머신러닝 문제를 더 효율적으로 처리하는 것을 목표로 함
 - 현재는 대부분의 실제 문제에서 기존 AI를 뛰어넘지는 못하지만, 핵심 기반 기술이 빠르게 발전 중임
- QML은 양자 상태 기반 데이터 처리 구조를 사용함
 - 데이터를 양자 상태로 인코딩한 뒤 양자회로를 통해 연산하고 측정 결과를 고전적 출력으로 변환함
 - 큐비트 수가 증가할수록 표현 가능한 상태 공간이 기하급수적으로 확대됨
 - 이를 통해 기존 컴퓨터가 처리하기 어려운 고차원 데이터 관계를 효율적으로 표현할 가능성이 있음
 - 대표 핵심 기술로 양자 특징 맵(Quantum Feature Map), 변분 양자회로(VQC), 양자 커널(Quantum Kernel) 등이 활용됨

- 주요 QML 알고리즘은 최적화 · 분류 · 시뮬레이션 분야에 활용 가능성이 주목받음
 - VQE(Variational Quantum Eigensolver)는 분자 · 재료 시뮬레이션 및 화학 계산에 활용됨
 - QAOA(Quantum Approximate Optimization Algorithm)는 금융 포트폴리오 · 물류 · 자원 배분 최적화 연구에 적용 중임
 - QSVM(Quantum Support Vector Machine)은 고차원 데이터 분류 문제 해결 가능성을 탐색 중임
 - 양자 신경망(QNN), 양자 볼츠만 머신(QBM) 등도 차세대 AI 모델로 연구되고 있음

- 글로벌 기업과 연구기관들이 QML 생태계 구축 경쟁을 확대 중
 - IBM은 Qiskit ML 기반 양자 AI 연구를 추진 중임
 - Google은 양자 특징 맵 · 양자 커널 분야 핵심 연구를 수행하고 있음
 - Xanadu는 PennyLane 플랫폼 기반 광자 양자컴퓨팅 및 QML 기술을 개발 중임
 - D-Wave Systems, IonQ 등도 양자 최적화 및 하이브리드 AI 연구를 확대하고 있음

- 실제 활용 분야는 신약개발 · 금융 · 재료과학 중심으로 확대되는 추세임
 - 분자와 물질 자체가 양자역학적 특성을 갖기 때문에 신약 및 신소재 연구는 QML의 대표 유망 분야로 평가됨
 - 금융 분야에서는 리스크 분석 · 사기 탐지 · 포트폴리오 최적화 등에 활용 가능성이 연구되고 있음
 - 제조업에서는 배터리 · 연료전지 · 반도체 소재 설계와 공정 최적화에 응용이 추진됨

- 일부 양자 영감(quantum-inspired) 기법은 결합 탐지 및 품질 관리 분야에도 적용되고 있음
- 다만 상용화를 위해 해결해야 할 기술적 한계도 존재함
 - 현재 양자컴퓨터는 노이즈와 오류율 문제가 크고 큐비트 수가 제한적임
 - 변분 회로 학습 과정에서 기울기 소실(barren plateau) 문제가 발생할 수 있음
 - 모델 해석 가능성이 낮아 의료·금융 분야 적용에는 추가 검증이 필요함
 - 전문가들은 단기간 내 기존 AI를 대체하기보다는 특정 문제 해결에 특화된 보조 계산 기술로 발전할 가능성이 높다고 전망함
- 향후 QML은 양자컴퓨터 발전과 함께 점진적으로 실용화될 전망이다
 - 최근 Google, Quantinuum 등이 오류 정정 및 논리 큐비트 분야 성과를 발표함
 - 향후 하드웨어 성능 향상 시 고난도 최적화·분자 시뮬레이션 분야에서 양자 우위(quantum advantage) 가능성이 기대됨
 - 업계는 초기 상용 분야로 신약개발·재료과학·금융 최적화 등을 가장 유망하게 보고 있음
 - QML은 기존 AI를 대체하기보다 특정 고난도 계산을 지원하는 “전문형 AI 가속기” 형태로 발전할 가능성이 큼

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/05/08/what-is-quantum-machine-learning/>