

# 양자 시스템 스스로 이해하고 예측하는 AI 모델 개발 보고

(2025.04.21., 양자정보연구지원센터)

- 양자 시스템의 동작원리를 스스로 학습하고 예측하는 AI 모델 (LSTM, Long Short-Term Memory) 개발
  - SpinQ, 홍콩과학기술대, 선전대, 공동-홍콩-마카오 양자과학센터 등 공동연구(*Physical Review Letters*, arXiv 게재)
  - 연구 배경 및 필요성
    - (양자 시스템 분석의 어려움) 양자 시스템은 상태가 복잡하고 매우 민감하여 오류 교정, 노이즈 측정, 하드웨어 보정이 어려움
    - 기존 방법은 시뮬레이션 기반 또는 특정 실험 설계 필요, 자원과 시간 소모 큼
    - (AI 활용 가능성) 시계열 데이터를 통해 패턴 인식 및 변수 추정이 가능한 LSTM 모델을 활용
    - “양자 규칙(해밀토니안)” 과 동역학(시간에 따른 변화) 간의 양방향 예측 능력 제공
  - AI 모델의 구성과 성능
    - (모델 개요) LSTM 신경망 + 엔코더 조합
    - 입력 : 시간에 따른 양자 관측값(예: 스핀 방향)
    - 출력 : 해밀토니안 파라미터 추정 또는 시스템의 미래 상태 예측
    - (예측 정확도) 1% 미만 오차율로 파라미터 예측 및 재구성
    - 15개 타임스텝까지 정확한 동역학 예측
    - 결정 계수( $R^2$ ) 0.97 : 예측값과 실제값 간 강한 상관관계
    - (실험 적용 사례) SpinQ의 NMR 양자 플랫폼과 20큐비트 초전도 칩에 적용
    - 미지의 노이즈 값 추정하거나, 스핀의 시간 변화를 정확히 예측

- 기존 측정 어려운 변수(디튜닝 등) 실시간 분석 가능

- 응용 가능성 및 확장성

- (양자 오류 교정 개선) 기존 오류 교정은 정적 가정 기반 -> 현실 노이즈 변화에 취약

- 해당 모델을 시간 변화하는 노이즈를 추적하며 실시간 보정 가능성 제시

- (확장성 및 연산 효율성) 큐비트 수가 증가해도 추정 시간의 증가율이 완만

- 예: 5큐비트 -> 11큐비트로 확장 시, 소요 시간 1.8배 증가(기존 방법 대비 훨씬 적음)

- (향후 활용 분야) 하드웨어 자동 보정, 양자 알고리즘 최적화, 안정성 확보 등

- 양자 컴퓨터가 자기 상태를 스스로 진단 보정하는 미래 구조에 기여

- 한계점 및 향후 연구 방향

- (제한 사항) 주로 소규모 시스템에 대해 검증됨

- 장기 예측 정확도는 낮아지는 경향

- 고품질 관측 데이터 필요 -> 실제 장비에선 적용에 제약 가능성

- (향후 계획) 다양한 양자 플랫폼으로 일반화 테스트

- 잡음 환경 속에서도 강건한 성능 확보

- 실시간 피드백 루프 통합 연구

- 상용화 및 산업 활용 위한 개발 지속 예정 (SpinQ의 전략적 계획 포함)

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/04/08/research-team-reports-ai-model-trains-itself-to-understand-and-predict-quantum-systems/>