

GPT-5, 양자컴퓨팅 이론 증명에 연구 조교로 참여

(2025.10.29., 양자정보연구지원센터)

□ GPT-5, 양자컴퓨팅 이론의 가장 까다로운 정리 중 하나 증명에 연구 조교로 참여

○ 연구개요

- OpenAI의 GPT-5가 양자컴퓨팅 이론의 핵심 난제 중 하나를 증명하는 과정에서 결정적 역할을 수행
- 이는 인공지능이 복잡성 이론(quantum complexity theory)의 정리 증명에 실질적으로 기여한 최초 사례로 평가됨
- 해당 연구는 텍사스대학교 오스틴의 스콧 애런슨(Scott Aaronson)과 CWI 암스테르담의 프리크 위테벤(Freek Witteveen)에 의해 수행되어 arXiv에 공개됨
- 주제는 Quantum Merlin-Arthur(QMA) 복잡도 클래스의 오차 감소(error reduction)에 대한 근본적 한계 규명

○ QMA의 개념

- QMA는 NP의 양자 버전으로, 증명자(Merlin)가 양자 상태(quantum witness)를 제시하면 검증자(Arthur)가 이를 양자 알고리즘으로 판정
- 두 가지 주요 확률 지표:
 - 완전성(Completeness): 참인 증거를 받아들일 확률
 - 건전성(Soundness): 거짓 증거를 잘못 받아들일 확률
- 기존 기준은 $2/3$ (완전성)과 $1/3$ (건전성)이지만, 증폭(amplification)을 통해 이 차이를 줄일 수 있음
- 핵심 질문: 완전성을 완벽(1.0)에 가깝게 만들 수 있는가? → QMA1 문제로 알려짐

○ GPT-5의 기여 및 증명 과정

- (GPT-5와의 협업) 초기 시도들은 복잡한 수학적 전개로 인해 난항
- 애런슨은 GPT-5에게 문제 해결 방향을 조언받기 시작함
- GPT-5의 초기 답변은 부정확했으나, 반복 피드백을 통해 개선됨
- 결국 GPT-5는 검증자의 ‘수락 확률(acceptance probability)’을 단순 수학함수로 표현하는 새로운 시각을 제시
- (핵심 아이디어) GPT-5의 제안으로 ‘수락 확률이 1에 얼마나 가까워질 수 있는가’를 나타내는 함수를 중심으로 분석.
- 이를 근사이론(approximation theory)의 도구로 다루며, 완전성의 최대치를 수학적으로 제한하는 데 성공.
- 결과적으로, QMA 증폭이 도달할 수 있는 최고 한계는 이중 지수적 수준, 건전성은 지수적 수준 이하로 감소 불가함을 입증

○ 결론

- 본 연구는 인공지능이 인간의 추상적 이론 연구에 실질적으로 기여한 첫 사례로서, 양자복잡성 이론의 오랜 난제를 해결하는 과정에 참여함으로써 과학 연구 패러다임의 변화를 상징함
- AI는 인간을 대체하기보다는, 복잡한 문제 해결의 동반자로 기능하며 특히, 고차원 논리 탐색과 아이디어 생성 측면에서 새로운 가능성을 제시하고 있음
- 애런슨은 “지금은 AI가 연구 전체를 대신 쓸 수는 없지만, 연구자가 ‘막혔을 때 도움을 주는 조교’로서는 완벽한 단계”라고 언급하며, 향후 인간과 AI의 공동 연구 시대를 예견함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/09/29/gpt-5-serves-as-research-assistant-in-proving-one-of-quantum-computing-theorys-trickiest-theorems/>