

Desarrollo de la IA basada en Computación Cuántica.

Alexander Andonov Aracil, aaa129@alu.ua.es
Daniel Asensi Roch, dar33@alu.ua.es

Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, ESP

Abstract. Este texto trata sobre el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) cuántica. La IA cuántica utiliza las propiedades de superposición y entrelazamiento cuánticas para procesar y almacenar información de manera eficiente, superando a los sistemas clásicos. El texto menciona cómo la Memoria de Experiencia Cuántica proporciona una forma estructurada de almacenar recuerdos y experiencias, facilitando el aprendizaje y la toma de decisiones. También se exploran las áreas de investigación interesadas en mejorar la eficiencia y precisión de los algoritmos de aprendizaje automático utilizando mecánica cuántica. Así mismo, propone no solo mejorar los algoritmos existentes sino crear nuevos paradigmas de aprendizaje que son intrínsecamente cuánticos.

Keywords: Criptografía cuántica · Comunicación segura · Entrelazamiento cuántico · Firma digital cuántica · Distribución de claves cuánticas (QKD) · Tolerancia a fallos en protocolos cuánticos · Superposición cuántica.

1 Introducción

La IA cuántica se basa en la capacidad de los sistemas cuánticos para procesar y almacenar información de maneras que los sistemas clásicos no pueden igualar, gracias a la superposición y el entrelazamiento cuántico, que permiten realizar cálculos en paralelo y resolver ciertos tipos de problemas con eficiencia sin precedentes. Este enfoque no solo busca mejorar la eficiencia de los algoritmos conocidos, sino también crear nuevos paradigmas de aprendizaje que son intrínsecamente cuánticos, prometiendo abordar desafíos de la IA clásica. Aunque la IA cuántica está en sus etapas iniciales, se reconoce su inmenso potencial para revolucionar la forma en que las máquinas aprenden y procesan la información, a pesar de los desafíos teóricos y prácticos que aún deben resolverse.

Aunque sea un campo muy nuevo y teórico existen diversas investigaciones sobre la intersección entre la computación cuántica y la inteligencia artificial [2], resaltando cómo los principios y técnicas de la mecánica cuántica pueden potenciar y transformar el aprendizaje automático y la IA.

1.1 Contexto

El desarrollo de la inteligencia artificial (IA) basada en computación cuántica se encuentra en la intersección de la inteligencia artificial y la mecánica cuántica,

con el propósito de integrar los principios cuánticos en algoritmos y modelos de aprendizaje automático para superar las limitaciones de los sistemas de IA clásicos. La computación cuántica ofrece una nueva arquitectura de procesamiento de información que puede abordar desafíos computacionales, permitiendo realizar cálculos a velocidades y con una complejidad sin igual. La IA cuántica es impulsada por el crecimiento exponencial de los datos disponibles y la necesidad de métodos más potentes para su análisis, especialmente en campos que requieren el manejo de grandes conjuntos de datos y la resolución de problemas complejos. Aunque la investigación en IA cuántica está en sus etapas iniciales, se están sentando las bases teóricas y experimentales para posibles aplicaciones prácticas en el futuro. Este esfuerzo interdisciplinario desafía nuestra comprensión actual de la computación y la inteligencia, prometiendo transformar la manera en que abordamos problemas complejos en la era de la información.

1.2 Estado del Arte

1.3 Mejoras Cuánticas para Machine Learning

Quantum Least Squares El algoritmo Quantum Least Squares (QLS) [4] es una técnica influyente en cuanto a algoritmos cuánticos mejorados para Machine Learning, basándose en uno de los problemas esenciales del álgebra lineal: la resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

1.4 Modelos de Aprendizaje Cuántico

Análisis de Componentes Principales Cuánticas (Quantum PCA) es una técnica que utiliza los principios de la computación cuántica para realizar la reducción de dimensionalidad de los datos.

- Busca realizar descomposiciones de matrices de alta dimensión de manera eficiente.
- Utiliza superposición y entrelazamiento para procesar múltiples estados simultáneamente.
- Tiene el potencial de acelerar significativamente el cálculo de PCA.

Quantum Support Vector Machines (QSVM) [5] son una adaptación cuántica de las SVM clásicas, que se utilizan para la clasificación y regresión.

- Utiliza un kernel cuántico para medir la similitud entre estados cuánticos.
- Espera ofrecer ventajas en velocidad y eficiencia sobre las SVM clásicas.
- Aún en desarrollo, depende del avance del hardware cuántico.

1.5 Agentes de Aprendizaje Cuántico

Procesamiento Predictivo El procesamiento predictivo (PS) es un marco de trabajo para inteligencia artificial y neurociencia cognitiva que sugiere que el

cerebro está constantemente haciendo predicciones sobre el futuro. Estas predicciones se basan en la información sensorial entrante y los patrones que el cerebro reconoce debido a experiencias pasadas. Así, estas predicciones también informan nuestras percepciones y acciones. El PS permite una mejor toma de decisiones y planificación del futuro, ayuda a reconocer patrones en entornos y situaciones complejas y mejora la adaptación a nuevos entornos mediante la simulación de posibles escenarios basados en experiencias pasadas.

La memoria episódica y compositiva (ECM) es una noción adoptada por el marco de trabajo de Procesamiento Predictivo. Se refiere a una estructura de memoria que permite al agente recordar y organizar experiencias anteriores en unidades definidas como “clips” o “episodios”. Los clips pueden referirse a percepciones o acciones individuales, o a estructuras más complejas que representan una secuencia de acciones y percepciones. La ECM proporciona una forma más estructurada y organizada de almacenar recuerdos y experiencias, facilita el aprendizaje a través de la generalización y la identificación de patrones basados en experiencias similares y permite al agente recordar secuencias de acciones y percepciones, lo cual es útil para la planificación y toma de decisiones basada en experiencias pasadas.

El aprendizaje automático y la inteligencia artificial en el dominio cuántico Son áreas de investigación que buscan aprovechar las propiedades de la mecánica cuántica para mejorar la eficiencia y la precisión de los algoritmos de aprendizaje automático. La computación cuántica, que se basa en la superposición y la entrelazamiento de estados cuánticos, puede proporcionar una ventaja significativa en la resolución de problemas de aprendizaje y optimización que son difíciles o imposibles de resolver con computadoras clásicas.

Según un artículo de OpenMind, el término “IA cuántica” se refiere al uso de computadoras cuánticas para procesar algoritmos de aprendizaje automático. El objetivo es aprovechar la superioridad de procesamiento de la computación cuántica para obtener resultados inalcanzables con tecnologías informáticas clásicas. [3]

La combinación de la computación cuántica y la inteligencia artificial puede tener aplicaciones en muchos campos, como la medicina, la física, la química, la biología y la economía. Por ejemplo, se pueden utilizar algoritmos de aprendizaje automático cuántico para analizar grandes conjuntos de datos moleculares y diseñar nuevos medicamentos. [1]

En resumen, la computación cuántica y la inteligencia artificial son tecnologías transformacionales que pueden proporcionar un salto cualitativo y cuantitativo en términos de computación y aprendizaje. Aunque aún hay muchos desafíos y obstáculos por superar, la investigación en estas áreas promete avances significativos en la resolución de problemas complejos en muchos campos¹.

2 Opinión Personal

Aunque existen multitud de métodos cuánticos de inteligencia artificial, solo es posible realizar un análisis teórico de su eficiencia. Esta restricción imposibilita analizar su viabilidad en entornos reales. Sin embargo, si dichos algoritmos son finalmente implementables en computadores cuánticos serían una gran revolución en el ámbito de la inteligencia artificial.

References

1. OpenMind (Mar 2021), <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/computacion-cuantica-e-ia>, [Online; accessed 9. Nov. 2023]
2. Dunjko, V., Briegel, H.J.: Machine learning and artificial intelligence in the quantum domain: a review of recent progress. *Reports on Progress in Physics* **81**(7), 074001 (jun 2018). <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aab406>, <https://dx.doi.org/10.1088/1361-6633/aab406>
3. Frackiewicz, M.: Aprendizaje automático cuántico y el futuro de la inteligencia artificial. TS2 SPACE (Aug 2023), <https://ts2.space/es/aprendizaje-automatico-cuantico-y-el-futuro-de-la-inteligencia-artificial>
4. Harrow, A.W., Hassidim, A., Lloyd, S.: Quantum algorithm for linear systems of equations. *Physical Review Letters* **103**(15) (oct 2009). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.103.150502>,
5. Rebentrost, P., Mohseni, M., Lloyd, S.: Quantum support vector machine for big data classification. *Phys. Rev. Lett.* **113**, 130503 (Sep 2014). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.130503>, <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.113.130503>