

Inteligencia Artificial y Computación Cuántica en Finanzas.

Juan Pablo Braña, Alejandra M.J. Litterio y Alejandro Fernández
Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática- Facultad de Tecnología Informática -
U.A.I
Av. Montes de Oca 745 - (C1270AAH) Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
República Argentina
{juan.brana, alejandra.litterio, alejandrea.fernandez}@uai.edu.ar

RESUMEN

El proyecto de investigación en curso, que aquí se presenta, propone estudiar las aplicaciones de la Computación Cuántica (QC) y la Inteligencia Artificial (IA) utilizando los simuladores de la Plataforma Cloud de IBM-Q en el campo de las Finanzas y el Trading Algorítmico para los Mercados Financieros. Con el fin de realizar avances y mejoras en las aproximaciones actuales se diseñará un modelo híbrido de ambas tecnologías que permita codificar algoritmos de Machine Learning en computadoras cuánticas, siempre manteniendo el criterio comparativo entre aproximaciones tradicionales y cuánticas, para (1) la administración de carteras de inversión y el análisis de riesgo; y (2) el procesamiento y análisis de datos alternativos, como por ejemplo redes sociales, earnings conference calls o noticias financieras.

Palabras clave: Aprendizaje Automático, Automático, Computación Cuántica, Procesamiento de Lenguaje Natural, Trading Algorítmico, Aprendizaje Profundo

CONTEXTO

El presente proyecto, cuyo inicio es Marzo 2020, se desarrolla en el Centro de

Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI) dependiente de la Facultad de Tecnología Informática de la Universidad Abierta Interamericana (UAI). Se enmarca dentro de la línea de Algoritmos y Software y continúa las investigaciones iniciadas en el Proyecto “Modelo de Sentiment Analysis para la clasificación de noticias en tiempo real”. Es financiado y evaluado por la Secretaría de Investigación de la Universidad. Cuenta con la participación de docentes y alumnos de la Maestría en Tecnología Informática y de la Diplomatura en Análisis de Datos para Negocios, Finanzas e Investigación de Mercados.

1. INTRODUCCION

La conjunción de la Computación Cuántica (QC) y la Inteligencia Artificial (IA) ha abierto un nuevo campo de investigación que resulta prometedor tanto en el ámbito académico como en la industria [1], [2], [3], [11], [12].

Si bien gran parte de los trabajos al día de hoy se centran en estudiar potenciales aplicaciones de la QC y se estima que su máxima capacidad se hará visible en los próximos cinco años, ya se han realizado destacados avances en casos reales, en especial en el área de Seguridad y en el tema que nos compete: Finanzas Cuantitativas, donde se han llevado a cabo desarrollos vinculados con “Pricing de Derivados” y Optimización de

Portfolios (Simulaciones de Monte Carlo) [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [13].

En relación al híbrido propuesto en el presente trabajo entre IA y QC ya se han logrado codificar circuitos cuánticos de algoritmos populares de Machine Learning, como Vecinos Más Cercanos (KNN) y Redes Neuronales Artificiales (ANN), aunque como mencionábamos este campo se encuentra actualmente en pleno desarrollo e investigación académica.

Por otro lado, el vínculo entre Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) y QC es uno de los campos interdisciplinarios que más se está expandiendo, incluso, varios autores ya han denominado a esta disciplina como “Quantum NLP”. Una de las aplicaciones más destacadas se presenta en “Detección y Prevención de Fraudes”, como así también en el procesamiento de datos alternativos [14], [15].

Finalmente, es importante mencionar, que la empresa IBM ha lanzado lo que se denomina IBM *Quantum Experience*, un servicio en la nube y que brinda acceso libre a los simuladores de computadoras cuánticas, lo cual sumado al framework open source Qiskit, el cual permite programar computadoras cuánticas, brindan un entorno de trabajo eficiente e ideal para llevar proyectos de investigación [9].

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El presente trabajo se enmarca en la investigación de aplicación de técnicas y algoritmos de minería de datos y pretende dar un enfoque y soporte académico a toda la comunidad sea que esté relacionada a la industria financiera o dentro del marco académico. En este estudio, en particular sentamos las bases para codificar algoritmos de Machine Learning en computadoras cuánticas para

la administración de carteras de inversión y su relación con trading algorítmico.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

Pregunta Problema:

La computación cuántica podría tener el potencial de acelerar y optimizar los algoritmos de Machine Learning en general y aquellos relacionados con gestión de carteras de inversión y análisis de riesgo, en particular.

Objetivo General:

Estudiar las posibles aplicaciones en el campo de las Finanzas y el Trading Algorítmico de la Computación Cuántica en conjunto con la Inteligencia Artificial utilizando los simuladores de la Plataforma Cloud de IBM-Q.

Objetivos Específicos:

- a. Determinar los casos donde la aplicación de Computación Cuántica (QC) en la actualidad sea eficiente y posible en el campo de las Finanzas.
- b. Determinar los casos donde la aplicación de la Computación Cuántica (QC) no resulte posible o eficiente en el campo de las Finanzas.
- c. Estudiar y desarrollar algoritmos para Finanzas donde se utilizan circuitos cuánticos en conjunto con algoritmos de Machine Learning.
- d. Realizar un benchmark entre algoritmos de Machine Learning utilizando circuitos cuánticos y sin utilizarlos.
- e. Disponibilizar una interfaz escrita en Python y Qiskit donde diferentes usuarios puedan realizar simulaciones dentro del entorno Cloud de IBM.
- f. Avanzar en la relación entre NLP y Computación Cuántica (QC) utilizando los lexicones desarrollados en las etapas anteriores a este proyecto.

Metodología de Trabajo

El enfoque teórico-metodológico del presente trabajo se basa en aplicar herramientas de Procesamiento de lenguaje Natural y Machine Learning desarrolladas en los lenguajes de programación R y Python y descripto en los siguientes puntos:

1. Algoritmos de Machine Learning y Text Mining:

Algoritmos de Aprendizaje Supervisado y Deep Learning: Reinforcement Learning (Q-Learning), Redes Neuronales, LSTM, KNN.

2. Plataformas de Análisis de Datos:

-R (librerías: twitterR, RTextTools: A Supervised Learning Package for Text Classification, OpenNLP: It supports the most common NLP tasks, such as tokenization, sentence segmentation, part-of-speech tagging, TM: A framework for text mining applications within R.)

- BERT

- Tensorflow

- Plataforma Cloud Watson IBM Q Experience

- Python (Librería Qiskit y Jupyter Notebook para desarrollar el código en los simuladores cuánticos de IBM)

Resultados Esperados

En una primera instancia esperamos poder llevar a cabo tareas de comparación (benchmark) entre algoritmos codificados en los lenguajes Python y R en ordenadores tradicionales y los mismos desarrollados en computadoras cuánticas. Debido a que el entorno propuesto por IBM es un entorno de simulación y no posee la potencia de trabajar en entornos productivos, no se esperan obtener resultados realmente significativos a nivel performance de aquellos desarrollados con QC, aunque sí nos permitirá detectar posibles aplicaciones, estrategias y

algoritmos donde los mismos puedan brindar resultados superadores a los actuales.

Por último, en un estadio más avanzado, nos proponemos profundizar en aplicaciones específicas relacionadas con nuestro dominio específico, siempre manteniendo el criterio comparativo entre aproximaciones tradicionales y cuánticas en los siguientes dos puntos: (a) creación de carteras de inversión, tanto para mercados argentinos como del exterior; (b) el procesamiento y análisis de datos alternativos, como por ejemplo redes sociales, earnings conference calls o noticias financieras.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo del proyecto, multidisciplinario, se compone principalmente de docentes de la Diplomatura en Análisis de Datos para Negocios, Finanzas e Investigación de Mercado, y la Maestría en Tecnología Informática así como expertos del área de Lingüística y Finanzas. Por su parte, señalamos que el proyecto contará con la participación de alumnos avanzados de la Maestría en Tecnología Informática, quienes llevan a cabo su pasantía de investigación al tiempo que identifican temas en los que puedan desarrollar su tesis. Además se cuenta con la colaboración de alumnos de la mencionada Diplomatura.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alcazar, J., Leyton-Ortega, V. and A. Perdomo-Ortiz (2020). Classical versus Quantum Models in Machine Learning: Insights from a Finance Application en *arXiv:1908.10778v2 [quant-ph]* 8 Jan 2020.
- [2] Dasgupta, S., Banerjee, A. (2019). Quantum Annealing Algorithm for Expected Shortfall based

- Dynamic Asset Allocation en *arXiv:1909.12904v1 [q-fin.RM]* 27 Sep 2019.
- [3] Egger, D., García Gutiérrez, R., Cahué Mestre, J. and S. Woerner (2019). Credit Risk Analysis using Quantum Computers en *arXiv:1907.03044v1 [quant-ph]* 5 Jul 2019.
- [4] Hao, W., Lefevre, C., Tamturk, M. and S. Utev, (2019). Quantum option pricing and data analysis en *Quantitative Finance and Economics*, QFE, 3(3): 490–507. DOI:10.3934/QFE.2019.3.490
- [5] Hodson, M., Ruck, B., Ongy, H., Garvin, D., and S. Dulman. (2019). Portfolio rebalancing experiments using the Quantum Alternating Operator Ansatz en *arXiv: 1911.05296v1 [quant-ph]* 13 Nov 2019.
- [6] Kerenidis, I., Prakash, A. and D. Szilagy. (2019). Quantum Algorithms for Portfolio Optimization en *arXiv: 1908.08040v1 [math.OC]* 22 Aug 2019.
- [7] Mahajan, R.P. (2011). A Quantum Neural Network Approach for Portfolio Selection en *International Journal of Computer Applications*, Volume 29– No.4, September 2011.
- [8] Marzec, M. (2016). “Portfolio Optimization: Applications in Quantum Computing”, en Ionut Florescu, Maria C. Mariani, H. Eugene Stanley, Frederi G. Viens (eds.) *Handbook of High-Frequency Trading and Modeling in Finance*, John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Martin, A., Candelas, B., Rodríguez-Rozas, Martín-Guerrero, J. Chen, X., Lamata, L., Orus, R., Solano, E. and M. Sanz (2019). Towards Pricing Financial Derivatives with an IBM Quantum Computer en *arXiv: 1904.05803v1 [quant-ph]* 11 Apr 2019.
- [10] Orrell, D. (2020). A Quantum Walk Model of Financial Options (January 1, 2020). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3512481> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3512481>
- [11] Orus, R., Mugel, S. and E. Lizaso (2019). Quantum computing for finance: overview and prospects en *Reviews in Physics*, Volume 4, November 2019, 100028. <https://doi.org/10.1016/j.revip.2019.100028>
- [12] Rosenberg, G., Haghnegahdar, P., Goddard, P., Carr, P., Wu, K, and M. López de Prado. (2016). Solving the Optimal Trading Trajectory Problem Using a Quantum Annealer en *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing (JSTSP)*, Volume 10, Issue 6, 2016, and Proc. of the 8th Workshop on High Performance Computational Finance (WHPCF), p. 7, ACM, 2015
- [13] Stamatopoulos, N., Egger, D.J., Sun, Y., Zoufal, C., Iten, R., Shen, N. and S. Woerner. (2020). Option Pricing using Quantum Computers en *arXiv: 1905.02666 [quant-ph]*, 17 Feb 2020.
- [14] Woerner, S., Egger, D.J. Quantum risk analysis. En *NPJ Quantum Inf*, 5, 15 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41534-019-0130-6>.
- [15] Zeng, W. and Coecke, B. (2016) Quantum Algorithms for Compositional Natural Language Processing en Kartsaklis, D., Lewis, M. and Rimell, L. (Eds) *2016 Workshop on Semantic Spaces at the Intersection of NLP, Physics and Cognitive Science (SLPCS'16) EPTCS 221*, 2016, pp. 67–75, doi:10.4204/EPTCS.221.8