# Technical Assesment ToyModel 2 – Quantum PCA

Abbiamo selezionato 7 diversi articoli pubblicati tra il 2014 ed il 2022 da cui sono stati sintetizzati i seguenti punti:

* **Speedup Esponenziale rispetto all’algoritmo classico**:

Dall’articolo [5], primo articolo concepito sull’argomento, emerge questo tipo di speed-up sulla controparte classica che viene ripreso, formalizzato e confermato (anche nel near-term) in [1].

L’algoritmo prevede la codifica della matrice di covarianza come matrice densità ed è pensato per matrici (stati quantistici) non sparsi, e si articola in due step fondamentali:

1. Costruzione dell’esponenziale della matrice densità come lunga sequenza di
2. Applicazione della Quantum Phase Estimation (QPE) per estrazione degli autovalori ed autovettori

* **Esistenza di una versione parametrizzata dell’algoritmo**:

Considerata la complessità dell’algoritmo che date le sue componenti fondamentali (lunga sequenza matrici densità e QPE) non si adatta particolarmente bene alla tecnologia near-term, per questo sono sviluppate varianti parametrizzate [3,7] a funzionamento variazionale (ibrido classico-quantum) di cui però non sembra essere chiaro se presentano vantaggi computazionali o aiutano solo a dimostrare la fattibilità dell’algoritmo in chiave quantistica

* **Usecase nell’ambito Pricing derivati**:

L’articolo [6] da un esempio di applicazione della PCA nell’ambito finance, all’interno dell’articolo è discussa la teoria alla base dell pricing dei derivati modello Heath-Jarrow-Morton (HJM) per la modellazione dell’evoluzione temporale dei tassi futuri di interesse, ed è spiegato come l’algoritmo QPCA può essere impiegato per ridurre il numero di “noisy factors” necessari per un’accurata simulazione della dinamica dei tassi di interesse. All’interno dell’articolo è riportata l’implementazione del circuito quantistico su qiskit per una matrice 2x2 (1 qubit) ed una 4x4 (2 qubit) per cui è fornito il calcolo analitico ed il risultato su simulatore (non è presente nessun run su hw reale)

* **Mancanza di repositories ed implementazioni generali dell’algoritmo:**

Non sono stati trovati riferimenti a repositories in cui l’algoritmo è implementato in maniera “generalizzata” ossia capace di partire da una matrice qualsiasi ed estrarne le componenti principali. Sono presenti in alcuni articoli riferimenti su come dovrebbe essere scritto un circuito che realizza l’algoritmo [2,7,3] e solo nel [6] è presente un riferimento ad un repository [<https://github.com/amartinfer/QPCA>] in cui è implementato il circuito per le matrici descritte nell’articolo.

Inoltre abbiamo identificato in letteratura alcuni esempi di implementazione di QPCA, che per aggirare l’impossibilità di sperimentazion su hw reale per via della complessità dell’algoritmo propongono una versione che prevede un numero minore di risorse e che prevede però di agire

direttamente su harware [4], che risultano di scarso interesse nel nostro caso.

## Bibliografia

[1]

H.-Y. Huang *et al.*, «Quantum advantage in learning from experiments», *arXiv:2112.00778 [quant-ph]*, dic. 2021, Consultato: 11 giugno 2022. [Online]. Disponibile su: <http://arxiv.org/abs/2112.00778>

[2]

A. J. *et al.*, «Quantum Algorithm Implementations for Beginners», *ACM Transactions on Quantum Computing*, vol. 3, n. 4, pagg. 1–92, dic. 2022, doi: [10.1145/3517340](https://doi.org/10.1145/3517340).

[3]

R. LaRose, A. Tikku, É. O’Neel-Judy, L. Cincio, e P. J. Coles, «Variational quantum state diagonalization», *npj Quantum Inf*, vol. 5, n. 1, pag. 57, dic. 2019, doi: [10.1038/s41534-019-0167-6](https://doi.org/10.1038/s41534-019-0167-6).

[4]

Z. Li *et al.*, «Resonant quantum principal component analysis», *Sci. Adv.*, vol. 7, n. 34, pag. eabg2589, ago. 2021, doi: [10.1126/sciadv.abg2589](https://doi.org/10.1126/sciadv.abg2589).

[5]

S. Lloyd, M. Mohseni, e P. Rebentrost, «Quantum principal component analysis», *Nature Phys*, vol. 10, n. 9, pagg. 631–633, set. 2014, doi: [10.1038/nphys3029](https://doi.org/10.1038/nphys3029).

[6]

A. Martin *et al.*, «Towards Pricing Financial Derivatives with an IBM Quantum Computer», *Phys. Rev. Research*, vol. 3, n. 1, pag. 013167, feb. 2021, doi: [10.1103/PhysRevResearch.3.013167](https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.3.013167).

[7]

T. Xin *et al.*, «Experimental Quantum Principal Component Analysis via Parametrized Quantum Circuits», *Phys. Rev. Lett.*, vol. 126, n. 11, pag. 110502, mar. 2021, doi: [10.1103/PhysRevLett.126.110502](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.110502).

## 