

Inseguimento Quantistico su un Percorso Aleatorio

Quantum Chase on a Random Walk

Candidato: Simone Ceni
(simone.ceni@stud.unifi.it)

Relatore: Dr.ssa Paola Verrucchi
(verrucchi@fi.infn.it)

I sistemi quantistici mostrano comportamenti peculiari e spesso sorprendenti così come tali sono i traguardi raggiunti grazie all'applicazione dei principi della meccanica quantistica a diversi ambiti di ricerca. Un caso importante è quello della computazione quantistica, che si occupa dello studio di algoritmi basati su una logica ispirata alle proprietà dei sistemi quantistici, piuttosto che sulla logica booleana degli algoritmi della computazione classica. Nel corso degli anni vari ricercatori hanno mostrato come gli algoritmi quantistici siano generalmente più efficaci rispetto ai loro corrispettivi classici. Per esempio Peter Shor¹ progettò nel 1994, un algoritmo quantistico per la fattorizzazione in numeri primi, dimostrandone la maggiore efficienza rispetto ai corrispettivi algoritmi classici. In seguito ai successi ottenuti dall'introduzione di processi stocastici di tipo "passeggiata aleatoria" (Random Walks) nella realizzazione di algoritmi classici per la risoluzione di alcuni problemi specifici, sono stati introdotti anche nell'ambito della computazione quantistica processi di tale tipo (Quantum Walks), che rappresentano la generalizzazione quantistica delle passeggiate aleatorie. Anche in questo caso algoritmi quantistici hanno mostrato una maggiore efficienza. Un esempio è il protocollo definito da Shenvi et al.² per la ricerca di uno specifico nodo di un ipercubo che, sfruttando le proprietà delle passeggiate quantistiche, riesce a trovare un nodo marcato in un tempo quadraticamente inferiore rispetto a quanto impiegato da analoghi protocolli classici. In questo lavoro di tesi studieremo un processo stocastico-quantistico simile a quello recentemente introdotto³ e detto Quantum Chase (inseguimento quantistico) che descrive l'inseguimento tra due sistemi che si muovono effettuando passeggiate aleatorie o quantistiche su un reticolo quadrato. Questo processo contempla anche la possibilità di scambio di informazioni tra i due sistemi mediato da qubit posizionati sui siti del reticolo. Per quanto riguarda questo lavoro, abbiamo ristretto l'analisi ad un caso specifico di Quantum Chase, dato il grande numero di parametri coinvolti e le difficoltà di interpretazione di alcune parti di tale processo. Il processo da noi studiato, che chiameremo Inseguimento Quanto-Classico (IQC), combina i modelli di passeggiata aleatoria e quantistica, sfruttando la natura più intuitiva dei modelli classici, per meglio comprendere gli aspetti più significativi dei processi di inseguimento in generale, ed inseguimento quantistico in particolare. In questa tesi ci siamo quindi focalizzati su tre aspetti dell'IQC:

1. confrontare alcune strategie di inseguimento, per determinare la più efficace;
2. individuare quali fattori della strategia dell'inseguitore possano rendere più rapida la cattura del fuggitivo.
3. valutare se il processo descrive effettivamente un inseguimento;

A tal scopo abbiamo utilizzato un programma di simulazioni da noi realizzato. La tesi è strutturata come segue: nel primo capitolo introduciamo il concetto di passeggiate aleatorie e quantistiche in tempo discreto, mostrandone alcuni esempi; nel secondo capitolo descriviamo il processo di Inseguimento Quanto-Classico, ovvero dei sistemi in esso coinvolti, dei loro stati e della loro evoluzione; nel terzo capitolo illustriamo diversi protocolli di inseguimento, da noi chiamati strategie, utilizzati nella nostra analisi; nel quarto capitolo esponiamo i risultati ottenuti.

¹P. W. Shor, *Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring*, (Proc. 35nd Annual Symposium on Foundations of Computer Science, 1994)

²Neil Shenvi, Julia Kempe, and K. Birgitta Whaley, *Quantum random-walk search algorithm*, (Phys. Rev. A, 67:052307, May 2003)

³Matteo Malossi, *Quantum Chase, Inseguimento Quantistico*, (Tesi, Università degli Studi di Firenze, Anno Accademico 2016-2017)