Thesis abstract

Abstract

This thesis advances the application of network science methods to financial time series analysis through a series of methodological and empirical contributions that fundamentally deepen our understanding of market structure and interconnectedness.

Chapter 1 establishes the methodological foundation by systematically reviewing core network science concepts and tracing their evolution within financial contexts, spanning from classical graph theory to the modern landscape of financial networks. It offers a comprehensive taxonomy of existing methodologies, with particular emphasis on stock correlation networks, a central topic in the literature and the primary focus of Chapter 2.

Chapter 2 tackles critical yet largely overlooked challenges in stock correlation network analysis, doing so through the most extensive multi-frequency empirical investigation conducted to date in the literature. We show that conventional methods introduce severe distortions when applied to noisy financial data and propose robust alternatives that achieve remarkable improvements in community detection performance. Furthermore, we establish that jointly leveraging multiple information sources uncovers an intrinsic capacity for market self-organization that remains invisible to traditional approaches. The resulting communities attain the highest degree of sector alignment ever documented in the literature, while simultaneously generating superior risk-adjusted returns, findings validated through an empirical analysis of the largest American stock market over a twenty-year period at high frequencies.

Chapter 3 presents the first large-scale application of Stochastic Block Models to financial time series, deploying generative network reconstruction across twenty years of S&P 500 data. This extensive investigation establishes the viability of generative approaches at operationally realistic scales. We further introduce a novel validation framework that directly addresses a fundamental limitation in financial network reconstruction: assessing reconstruction quality in the absence of a ground truth network. The framework reveals clear structural signatures of major economic events, demonstrating a robust capacity to capture meaningful regime transitions during periods of crisis.

Taken together, this thesis demonstrates that advanced network methodologies, rigorously validated through comprehensive empirical analysis, are capable of extracting economically meaningful market structures with direct implications

for asset allocation, risk management, and systemic risk assessment.

Abstract

Questa tesi promuove l'applicazione dei metodi di network science all'analisi delle serie temporali finanziarie attraverso una serie di contributi metodologici ed empirici che approfondiscono in modo sostanziale la nostra comprensione delle strutture di mercato e dell'interconnessione tra le sue componenti.
Il Capitolo 1 getta le basi metodologiche esaminando sistematicamente i concetti fondamentali della network science e tracciandone l'evoluzione in ambito finanziario: dalla teoria dei grafi ai contributi fondamentali sulle financial networks. Il capitolo offre una categorizzazione organica delle metodologie esistenti, con particolare enfasi su stock correlation networks, tema centrale nella letteratura e oggetto principale del Capitolo 2.
Il Capitolo 2 affronta sfide critiche ma largamente trascurate nell'analisi delle stock correlation networks, attraverso la più estesa indagine empirica multifrequenza condotta fino ad oggi in letteratura. Dimostriamo che i metodi convenzionali introducono gravi distorsioni quando applicati a dati finanziari rumorosi e proponiamo alternative robuste che conseguono miglioramenti significativi nelle prestazioni di community detection. Mostriamo inoltre che l'integrazione congiunta di molteplici fonti informative rivela una capacità intrinseca di auto-organizzazione del mercato, invisibile agli approcci tradizionali. Le comunità così identificate raggiungono il più elevato grado di allineamento ai settori economici documentato in letteratura, producendo al contempo rendimenti corretti per il rischio superiori. Questi risultati sono validati attraverso un'analisi empirica del più grande mercato azionario americano, condotta su un orizzonte di vent'anni e ad alta frequenza.
Il Capitolo 3 presenta la prima applicazione su larga scala degli Stochastic Block Models alle serie temporali finanziarie, implementando modelli generativi di network reconstruction su vent'anni di dati giornalieri dell'S&P 500. Questa estesa indagine ne stabilisce l'applicabilità a scale operative realistiche. Introduciamo inoltre un nuovo framework di validazione che affronta direttamente una limitazione fondamentale della network reconstruction in ambito finanziario, ovvero la valutazione della qualità della ricostruzione in assenza di un ground truth network. Il framework rivela chiari segnali strutturali in corrispondenza dei principali eventi economici, dimostrando una solida capacità di catturare regime shifts significativi nei periodi di crisi.
Nel complesso, questa tesi dimostra che metodologie avanzate di network science, rigorosamente validate attraverso un'analisi empirica esaustiva, sono in grado di estrarre strutture di mercato economicamente significative, con implicazioni dirette per asset allocation, risk management e analisi del rischio sistemico.