

Essays on the Development and Application of
Score-Driven Models in Finance and
Macroeconomics

Saggi sullo Sviluppo e l'Applicazione dei Modelli
Score-Driven in Finanza e Macroeconomia

Abstract

Tibor Pál

Università degli Studi di Salerno, DISES

Supervisor / Supervisore: Prof. Giuseppe Storti

May 2026 / Maggio 2026

The thesis focuses on the development and refinement of score-driven models to accommodate complex, highly nonlinear economic and financial data generating processes, for which standard Generalized Autoregressive Score (GAS) models may prove insufficient. Beyond their common methodological foundation, the chapters are unified by a focus on volatility, uncertainty, and unexpected shocks, with particular emphasis on episodes such as the Global Financial Crisis and the COVID-19 pandemic. The thesis takes the reader from univariate financial volatility modeling to multivariate state-space analysis with the Kalman filter, and then to dynamic quantile modeling with less restrictive distributional assumptions. Both univariate and multivariate time-series settings are considered, using parametric and semi-parametric approaches.

Chapter 1 focuses on financial applications and introduces the Realized Dynamic Score Exponential GARCH (RDS-EGARCH) model for heavy-tailed, skewed distributions. The proposed framework extends the score-driven literature by combining a joint return–realized measure specification with flexible leverage structures and a two-component volatility dynamics designed to capture persistence and long-memory features. Empirically, the proposed framework and its specifications improve joint modeling of returns and volatility, enhance the representation of asymmetric responses, and deliver superior in-sample fit. In out-of-sample forecast evaluation, they deliver competitive and often improved forecasts of Value-at-Risk and Expected Shortfall across multiple return series.

Chapter 2 shifts the focus to macroeconomics by estimating the natural rate of interest in the United States, commonly referred to as r -star. Motivated by the econometric challenges posed by extreme volatility shocks during the COVID-19 pandemic, the study introduces the augmented-accelerating GAS (aaGAS) updating mechanism, in which volatility persistence becomes fully state-dependent. Compared to standard score-driven specifications, the proposed model improves flexibility in variance adjustment by assigning time-varying weights to both the conditional likelihood score and the inertia coefficient in the volatility updating equations. The improved state dependence of volatility dynamics effectively accounts for sudden shifts in volatility persistence induced by highly volatile unexpected events. In addition, allowing for time variation in the IS and Phillips curve relationships enables the analysis of structural changes in the US economy relevant to monetary policy. The results indicate that the proposed model improves the precision of r -star estimates by responding more effectively to changes in macroeconomic conditions.

Motivated by inconclusive evidence on the Phillips curve slope, Chapter 3 studies the conditional distribution of US inflation within a New Keynesian Phillips curve framework using a dynamic multiple quantile specification. To accommodate time variation and quantile heterogeneity, the smoothed Dynamic Multiple Quantile (sDMQ) model is introduced, allowing the Phillips curve slope to vary over time and across the distribution. The empirical results reveal nonlinearities in the Phillips curve and in the relative importance of backward- and forward-looking inflation expectations. The estimated upper-tail slope is consistently flat across specifications, indicating pronounced asymmetry across quantiles. The cross-quantile profile evolves over time, implying a time-varying Phillips curve shape. Episodes of flattening, especially in the lower tail, are consistent with the missing disinflation following the Great Recession and the COVID-19 pandemic. Lastly, the filtered conditional inflation quantiles and higher-order moments provide a quantitative measure of inflation tail risk.

La tesi si concentra sullo sviluppo e sul perfezionamento di modelli score-driven per adattarsi a processi generativi dei dati economici e finanziari complessi e fortemente non lineari, per i quali i modelli standard Generalized Autoregressive Score (GAS) possono risultare insufficienti. Oltre alla comune base metodologica, i capitoli sono accomunati dall'attenzione alla volatilità, all'incertezza e agli shock inattesi, con particolare riferimento a episodi quali la Crisi Finanziaria Globale e la pandemia di COVID-19. La tesi conduce il lettore dalla modellizzazione univariata della volatilità finanziaria all'analisi multivariata in spazio di stato mediante il filtro di Kalman, fino alla modellizzazione dinamica dei quantili con ipotesi distributive meno restrittive. Vengono considerati sia contesti di serie temporali univariate sia multivariate, adottando approcci parametrici e semiparametrici.

Il Capitolo 1 è dedicato alle applicazioni finanziarie e introduce il modello Realized Dynamic Score Exponential GARCH (RDS-EGARCH) per distribuzioni asimmetriche e a code pesanti. Il quadro proposto estende la letteratura score-driven combinando una specificazione congiunta di rendimenti e misure realizzate, strutture di leverage flessibili e una dinamica della volatilità a due componenti progettata per catturare persistenza e memoria lunga. Dal punto di vista empirico, il modello proposto e le sue varianti migliorano la modellizzazione congiunta di rendimenti e volatilità, rafforzano la rappresentazione delle risposte asimmetriche e forniscono un migliore adattamento in-sample. Nella valutazione previsiva out-of-sample, essi producono previsioni competitive e spesso superiori di Value-at-Risk ed Expected Shortfall per diverse serie di rendimenti.

Il Capitolo 2 sposta l'attenzione alla macroeconomia attraverso la stima del tasso naturale di interesse negli Stati Uniti, comunemente indicato come r -star. Motivato dalle sfide econometriche poste dagli estremi shock di volatilità osservati durante la pandemia di COVID-19, lo studio introduce il meccanismo di aggiornamento augmented-accelerating GAS (aaGAS), nel quale la persistenza della volatilità diventa completamente dipendente dallo stato del sistema. Rispetto alle specificazioni score-driven standard, il modello proposto aumenta la flessibilità nell'aggiustamento della varianza assegnando pesi variabili nel tempo sia allo score della verosimiglianza condizionale sia al coefficiente di inerzia nelle equazioni di aggiornamento della volatilità. La maggiore dipendenza dallo stato nelle dinamiche della volatilità consente di cogliere efficacemente improvvisi cambiamenti nella persistenza della volatilità indotti da eventi inattesi particolarmente intensi. Inoltre, l'introduzione di relazioni variabili nel tempo nelle curve IS e di Phillips permette di analizzare cambiamenti strutturali dell'economia statunitense rilevanti per la politica monetaria. I risultati indicano che il modello proposto migliora la precisione delle stime di r -star reagendo più efficacemente ai mutamenti delle condizioni macroeconomiche.

Motivato dall'evidenza non conclusiva relativa alla pendenza della curva di Phillips, il Capitolo 3 studia la distribuzione condizionale dell'inflazione statunitense all'interno di un quadro teorico basato sulla New Keynesian Phillips Curve mediante una specificazione dinamica a quantili multipli. Per tenere conto della variabilità temporale e dell'eterogeneità tra quantili, viene introdotto il modello smoothed Dynamic Multiple Quantile (sDMQ), che consente alla pendenza della curva di Phillips di variare sia nel tempo sia lungo la distribuzione. I risultati empirici evidenziano non linearità sia nella curva di Phillips sia nell'importanza relativa delle aspettative di inflazione backward-looking e forward-looking. La pendenza stimata nella coda superiore della distribuzione risulta sistematicamente piatta nelle diverse specificazioni, indicando una marcata asimmetria tra quantili.

Il profilo cross-quantile evolve nel tempo, implicando una forma della curva di Phillips variabile nel tempo. Episodi di appiattimento, soprattutto nella coda inferiore, risultano coerenti con il fenomeno della missing disinflation osservato dopo la Grande Recessione e durante il periodo successivo alla pandemia di COVID-19. Infine, i quantili condizionali filtrati dell'inflazione e i momenti di ordine superiore forniscono una misura quantitativa del rischio di coda dell'inflazione.