Università
Ca'Foscari
Venezia
Facoltà
di Economia

Corso di Laurea Magistrale
in Sviluppo Economico e dell'Impresa
Curriculum Finanza dello sviluppo e della PMI

Tesi di Laurea

RISCHIO SISTEMICO

Il collegamento tra istituzioni finanziarie

Relatore
Chiar.mo Prof. Claudio Pizzi

Correlatore
Chiar.ma Prof.ssa Francesca Parpinel

Laureando
Piercarlo La Torre
Matricola 816343

Anno Accademico
2013 / 2014

INDICE

PREFAZIONE 1

DEFINIRE E MISURARE IL RISCHIO SISTEMICO 5

1.1 INTRODUZIONE.....5
1.2 LE DEFINIZIONI DI RISCHIO SISTEMICO.....7
1.3 LA MISURAZIONE DELL RISCHIO SISTEMICO.....11
1.3.1 Classificazione basata sui dati richiesti.....12
1.3.2 Classificazione basata sulla prospettiva di sorveglianza.....19
1.3.3 Classificazione legata all'orizzonte temporale.....23
1.3.4 Classificazione per la prospettiva di ricerca.....27

L'ORIGINE DEL RISCHIO SISTEMICO.....29

2.1 INTRODUZIONE.....29
2.2 LA NATURA DEL RISCHIO SISTEMICO.....31
2.2.1 Liquidità, Insolvenza e Maturity Mismatch.....34
2.2.2 Liquidità di finanziamento ed Effetto Domino.....36
2.2.3 Asset Price Effect e la Spirale delle Perdite.....39
2.2.4 La spirale del Margine.....41
2.2.5 Esternalità.....45
2.3 LA CRISI FINANZIARIA DEL 2007-2009.....47

LA NETWORK THEORY 58

3.1 INTRODUZIONE.....58
3.2 STORIA E CARATTERI DELLA NETWORK THEORY.....62
3.2.1 Cenni storici.....62
3.2.2 Le reti del mondo reale.....65

3.2.3 I network come strutture in evoluzione *68*
3.2.4 I network come sistemi dinamici *69*
3.3 APPLICAZIONI DELLA NETWORK THEORY NEL SISTEMA FINANZIARIO 70
3.3.1 Il contagio nella Network Theory *72*
3.3.2 Il congelamento del mercato interbancario *79*

IL MODELLO EMPIRICO D'ANALISI 82

4.1 INTRODUZIONE 82
4.2 LE DIVERSE MISURE DI CONNETTIVITÀ 84
4.2.1 Le Centrality Measures *88*
4.3 LA CREAZIONE DEL MODELLO 98
4.3.1 La scelta degli indici *98*
4.3.2 La scelta dei dati *100*
4.3.3 La scelta del modello *103*
4.4 ANALISI E RISULTATI 110
4.4.1 Riassunto dei risultati *132*

CONCLUSIONI 134

BIBLIOGRAFIA 137

RINGRAZIAMENTI 141

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1.1: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base ai dati necessari 14

Tabella 1.2: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base agli scopi di regolamentazione 22

Tabella 1.3: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base in base all'orizzonte temporale 25

Tabella 1.4: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base agli scopi di ricerca 28

Tabella 3.1: Possibili canali di contagio nel sistema bancario 73

Tabella 4.1: Indici di connessione sistemica 86

Tabella 4.2: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per il Network completo in tutti e tre trienni di analisi 117

Tabella 4.3: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per il Network nel singoli anni del secondo triennio 118

Tabella 4.4: Valori dell'indice di betweenness centrality calcolati per il Network completo in tutti e tre trienni di analisi 119

Tabella 4.5: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per ogni singolo istituto e per ogni triennio 127

Tabella 4.6: Valori dell'indice di betweenness centrality calcolati per ogni singolo istituto e per ogni triennio 128

Tabella 4.7: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per ogni coppia di intermediari finanziari 130

Tabella 4.8: Valori dell'indice di betweenness centrality calcolati per ogni coppia di intermediari finanziari 131

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 2.1: Raggruppamento semplificato delle voci di bilancio della Banca Centrale 32

Figura 2.2: Semplice esempio di relazione tra due banche 37

Figura 2.3: Rappresentazione dell'Effetto Domino 38

Figura 2.4: La spirale delle perdite 40

Figura 2.5: Il possibile circolo virtuoso della liquidità 41

Figura 2.6: La spirale del Margine 42

Figura 2.7: Diagramma di dispersione costruito plottando, rispettivamente in ascissa e in ordinata, la media pesata dell'indebitamento e del valore totale delle azioni delle cinque maggiori banche d'investimento dell'epoca 43

Figura 2.8: Andamento del tasso d'interesse percentuale negli Stati Uniti sui prestiti bancari e sui mutui dal 1975 al 2010 49

Figura 2.9: Media nazionale dei prezzi degli immobili negli Stati Uniti tra il 1976 e il 2010 50

Figura 2.10: Percentuale dei mutui ipotecari negli Stati Uniti. In nero appaiono i mutui non garantiti, in grigio più chiaro quelli garantiti 52

Figura 2.11: Strutturazione dei Collateralized Debt Obligations 54

Figura 3.1: Il problema dei ponti di Königsberg proposto da Eulero durante lo studio dei grafi 63

Figura 3.1: Prestito interbancario 75

Figura 3.2: Le diverse strutture di prestito analizzate da Allen e Gale 76

Figura 4.1: Rappresentazione della degree centrality di un grafo non orientato 90

Figura 4.2: Modelli di grafi a stella con diverso numero di vertici 92

Figura 4.3: Rappresentazione della betweenness centrality 93

Figura 4.4: Rappresentazione della closeness centrality 95

Figura 4.5: Possibile rappresentazione dell'eigenvector centrality index 97

Figura 4.6: Summary dell'output del modello Garch 106

Figura 4.7: Funzione di autocorrelazione dei residui del modello 107

Figura 4.8: Distribuzione dei residui del modello 107

Figura 4.9: Creazione del modello ARIMA e test di Dickey-Fuller sui residui 109

Figura 4.10: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente al Network completo nel triennio 2004-2006 112

Figura 4.11: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente al Network completo nel triennio 2007-2009 113

Figura 4.12: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente al Network completo nel triennio 2010-2012 114

Figura 4.13: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente ai singoli anni 2007, 2008, 2009 115

Figura 4.14: Rappresentazione della matrice delle connessioni delle Banche, per i tre trienni e per i singoli anni del secondo triennio 123

Figura 4.15: Rappresentazione della matrice delle connessioni degli Hedge Funds, per i tre trienni e per i singoli anni del secondo triennio 124

Figura 4.16: Rappresentazione della matrice delle connessioni delle Assicurazioni, per i tre trienni e per i singoli anni del secondo triennio 125

PREFAZIONE

"One of the most feared events in banking is the cry of systemic risk. It matches the fear of a cry of "fire!" in a crowded theater or other gatherings. But unlike fire*, the term* systemic risk *is not clearly defined".*

George G. Kaufman and Kenneth E. Scott (2003)

Ho voluto aprire la mia tesi con questa frase perché rappresenta una fotografia molto fedele di quanto verrà trattato nel corso di questo studio.

La scelta di trattare tale problematica deriva dal fatto che il mondo della finanza internazionale ha visto in questi ultimi anni crescere in maniera esponenziale l'interesse sul cosiddetto "*rischio sistemico*", su cui l'attenzione dell'ambiente economico-finanziario è tornata a crescere soprattutto a causa della crisi mondiale del 2007-2009, scatenata dallo scoppio della bolla speculativa sui mutui subprime americani, e poi diffusasi in tutto il sistema finanziario mondiale.

In passato il concetto di rischio sistemico era direttamente, e quasi obbligatoriamente, associato a quello del "bank runs", cioè al fenomeno che avviene quando un elevato numero di clienti prelevano contemporaneamente i loro depositi per paura che la banca diventi insolvente. Questo tuttavia porta al fallimento della banca stessa, che non ha abbastanza risorse liquide per far fronte a tutte le richieste e diventa quindi insolvente. Il fallimento delle banche era diffusamente percepito come la causa che ha i più importanti effetti avversi sull'economia, effetti considerati molto più importanti rispetto al fallimento di altri tipi di istituzioni. Questo perché molti credevano che il fallimento di un istituto bancario fosse la miccia che più di tutte poteva innescare un processo domino che avrebbe portato via via al fallimento delle altre banche e, in seguito, alla diffusione del rischio sistemico e di fallimenti generalizzati alle altre istituzioni finanziarie.

Oggi tuttavia si ha una visione completamente diversa ed evoluta. Tutti concordano sul fatto che il rischio sistemico possa derivare non solo dal fallimento delle banche, ma anche da altri tipi di eventi avversi che colpiscono la catena finanziaria in un suo punto debole. In generale si può sostenere quanto affermato da He e Krishnamurthy (2010): "*Systemic risk arises when*

shocks lead to states where a disruption in financial intermediation adversely affects the economy and feeds back into further disrupting financial intermediation", ossia che rischi di tipo sistemico si sviluppano quando degli shock portano ad uno stato di disordine, che influisce negativamente sull'economia e porta ad ulteriori disordini nella catena dell'intermediazione finanziaria.

È facile capire come in realtà i fattori che entrano in gioco sono quindi molti, e questa varietà di componenti porta ad una complessità sempre crescente. Oltre a tutte gli elementi propri di un sistema finanziario (come ad esempio i titoli di credito, i fondi comuni d'investimento, il mercato dei derivati, etc.) assumono importanza anche i comportamenti dei partecipanti al mercato e le relazioni che li legano. Come risultato, il rischio che presenta il sistema nel suo complesso è maggiore della somma dei rischi a cui sono sottoposte le singole istituzioni.

Tali collegamenti, come analizzeremo, rappresentano una delle fonti di principale interesse in questo studio, che cercherà di cogliere la relazione che lega alcune delle maggiori istituzioni attive nel sistema finanziario (Banche, Assicurazioni, Hedge Funds) e a sottolineare in che modo il rischio sistemico abbia negli ultimi anni influenzato i loro risultati, con riguardo anche alle derivanti conseguenze macroeconomiche. Si affronterà nello specifico il concetto di "Network Theory", per arrivare poi all'analisi di alcuni indici di misura del rischio sistemico di tipo econometrico, che tentino di cogliere appunto le relazioni tra i diversi attori citati, andando ad evidenziare come il rischio sistemico influisca su ognuno di essi e come questo porti alle conseguenze sull'economia nel suo insieme.

Per far ciò il primo capitolo di questo studio sarà composto da una breve, ma necessaria, rivisitazione della letteratura sull'argomento, per cercare di delineare almeno i confini all'interno dei quali si colloca il concetto di rischio sistemico. Esso è infatti un concetto sfuggente, difficile da cogliere in maniera precisa, che ha impegnato moltissime risorse al fine di cercarne una definizione che lo rappresentasse al meglio. Si analizzeranno dunque le diverse definizioni presenti ad oggi e si porrà inoltre l'attenzione sulla moltitudine dei sistemi di misura proposti per il rischio sistemico. Se infatti la definizione del rischio sistemico è di grande importanza, altrettanto lo sono i tentativi di cogliere l'intensità di tale rischio. Farlo significherebbe infatti riuscire ad associare a un determinato momento della vita del sistema finanziario il grado intrinseco di pericolo che esso include. Una tale informazione vorrebbe dire capacità previsionali e di adattamento fondamentali per la salute del sistema economico nella sua completezza.

Come per la definizione, anche la proposta di metriche per quantificare il rischio sistemico è composta da una varietà molto ampia di indici, e di tipo economico e di tipo più prettamente

statistico. A seconda dell'approccio all' analisi e del fine della stessa sarà più opportuno scegliere una misura piuttosto che un'altra, posto che le stesse restano comunque mirate alla quantificazione di qualcosa che non è di per se tangibile, con tutte le limitazioni e le difficoltà che ne derivano.

Il secondo capitolo sarà dedicato alla spiegazione dei motivi e dei meccanismi che portano alla diffusione della crisi dalle singole entità finanziarie al sistema completo. Grazie a nozioni quali il rischio di liquidità o la spirale delle perdite, si arriverà alla definizione di uno dei concetti chiave di questo studio, ossia quello del "contagio finanziario". La parola contagio è mutuata direttamente dall'ambito scientifico e, secondo la definizione del vocabolario Treccani, esso è letteralmente "Il meccanismo per mezzo del quale gli agenti infettivi vengono trasmessi da una fonte di infezione a un soggetto recettivo". L'applicazione del concetto all'ambito finanziario implica lo studio di come uno shock iniziale che colpisce un'istituzione possa diffondersi a tutte le altre. Dopo aver esposto il meccanismo in ottica teorica, vedremo come il tutto è avvenuto concretamente nella crisi finanziaria mondiale del 2007-2009.

Il terzo capitolo sarà quello dedicato all'approfondimento della cosiddetta "Teoria delle reti", una branca che nasce nel contesto matematico e delle scienze sociali, ma che è poi stato adottato anche in ambito economico. Questa corrente di pensiero vede nei legami tra i diversi soggetti una determinante fondamentale del funzionamento dell'intero sistema in cui tali soggetti operano. Nel nostro contesto il sistema di riferimento sarà quello finanziario, mentre i soggetti sono rappresentati dalle istituzioni che operano in questo mercato. L'applicazione della network theory al sistema finanziario sarà delineata nei suoi punti fondamentali, con particolare enfasi sul processo di contagio di cui si è accennato.

Infine l'ultima parte di questo studio, ossia quella puramente empirica. Il capitolo conclusivo presenta infatti l'implementazione di un modello statistico-econometrico che cerca di dar riscontro a quanto esposto in linea teorica. Lo scopo di tale analisi è il calcolo di quelli che sono definiti come "indici di centralità": questi altro non sono che alcune delle misure che sono state proposte per la quantificazione del rischio sistemico. In particolare, tali indici mirano a cogliere la connessione tra gli istituti finanziari, per capire come questa possa influire negativamente o meno sulla diffusione di uno shock iniziale a livello sistemico. L'analisi condotta prende in considerazione tre delle più importanti categorie di intermediari finanziari, quali le banche, le assicurazioni e gli hedge funds, con riferimento al mercato europeo. Una volta appurata la connessione degli istituti, sulla base dei loro rendimenti, si

cercherà di cogliere se gli indici di connessione possano essere usati come delle misure valide per la quantificazione del rischio sistemico, in particolare come misure preventive.
In linea teorica l'attesa è che una maggiore connessione tra gli istituti favorisca il diffondersi degli effetti negativi da uno all'atro: sarà dunque questa la tesi da verificare mediante il calcolo degli indici.

CAPITOLO 1

DEFINIRE E MISURARE IL RISCHIO SISTEMICO

1.1 Introduzione - 1.2 Definizioni - 1.3 La misurazione del rischio sistemico – 1.3.1 Classificazione basata sui dati richiesti - 1.3.2 Classificazione basata sulla prospettiva di sorveglianza – 1.3.3 Classificazione legata all'orizzonte temporale – 1.3.4 Classificazione per la prospettiva di ricerca

1.1 INTRODUZIONE

Come accennato, il rischio sistemico si configura come un concetto ampio e di difficile definizione, che incorpora una serie di riflessioni che ne fanno un' entità quasi nebulosa.
Storicamente infatti la definizione del rischio sistemico è stata una delle più grosse sfide per la letteratura in materia, appunto per la variabilità di situazioni a cui tale rischio obbligatoriamente fa riferimento. La volontà di definire il rischio, oltre ad un fine meramente nozionistico, sottintende lo scopo principale di cercare un metodo di misurazione quantitativa dello stesso, al fine di poterne prevedere l'andamento e cercare di controllarlo. L'idea sottostante è quella che sia impossibile gestire ciò che non può essere misurato, argomento che assume una forte importanza in ambito di stabilità finanziaria. Secondo quanto sostenuto dal fisico britannico Sir William Thomson, se si può misurare quello di cui si sta discutendo, esprimendolo sotto forma di numeri, allora se ne può conoscere qualche aspetto; ma se ciò non si può fare, allora la conoscenza dell'oggetto in questione è la più misera ed insoddisfacente possibile. Gli studi di Thomson, pur avendo un background matematico e fisico, sono stati largamente ripresi in ambito delle scienze sociali, nonché in economia. E proprio riguardo al concetto di rischio sistemico l'incertezza in cui ci si muove rende tale idea strettamente attuale.
Il processo di definizione e comprensione è stato avviato da molto tempo, si è evoluto nel tempo, con lo scopo di cercare di cogliere in maniera più "scientifica" possibile le tantissime sfaccettature che portano un sistema di istituzioni, comportamenti, regole, strumenti ad una crisi globale. Come vedremo però tale obiettivo si dimostrerà di complessa realizzazione, con svariate definizioni e nessun metodo univoco di misurazione. Questo in quanto, il rischio sistemico non è ancora completamente compreso. In particolare non bisogna far l'errore di

dimenticare come lo stesso sia in realtà parte di uno sfondo, il sistema finanziario, che presenta cambiamenti rapidi e continui. Pensare di creare un indice che riesca a cogliere e controllare questa grande instabilità è una sfida che molti autori continuano a cogliere, ma che fin ora si è rivelata troppo ardua.

Il principio che deve guidare lo studio deve essere piuttosto quello di ricercare dei concetti empirici che possano rafforzare la nostra conoscenza dei collegamenti tra i mercati finanziari, affetti da rischio sistemico, e la dimensione macroeconomica. Bisogna cioè capire che la prospettiva con cui guardare al rischio sistemico non deve essere univoca, in quanto non è univoca la causa che porta un rischio ad essere definito sistemico: la diffusione di uno shock da una singola istituzione a tutto il sistema è funzione, come vedremo in seguito, di molte componenti, come la relazione tra i diversi partecipanti al mercato, la qualità delle misure di controllo e regolamentazione, il contesto economico specifico e molto altro. Secondo Rodrìguez-Moreno e Peña (2012) le cause di malfunzionamento possono essere ricondotte a meccanismi plurimi, come macro squilibri (ad esempio l'eccessiva espansione del credito nel settore pubblico o privato), esposizioni correlate (i cosiddetti comportamenti di massa), contagi, bolle azionarie, esternalità negative (si pensi alle banchi "troppo grandi" per fallire) o la poca chiarezza delle informazioni. Questa lista, sebbene certamente incompleta, fa trasparire l'incredibile difficoltà che incontrano le istituzioni politiche, i regolatori, gli studiosi e tutti gli altri soggetti interessati alla stabilità del settore finanziario.

Bisogna quindi abbandonare l'idea di definire e misurare in maniera precisa il rischio sistemico, entrando piuttosto nell'ottica di andare a quantificare ciò che potremmo definire "incertezza sistemica" (HANSEN, 2012). Grazie alla visione di Knight (1921), oggi i termini *incertezza* e *ambiguità* vengono distinti dal rischio. Il rischio nasce quando la distribuzione statistica del futuro può essere calcolata o è già conosciuta; l'incertezza nasce quando questa distribuzione non è calcolabile e forse sconosciuta (HALDANE, 2012).

Molti tra i maggiori studiosi del ventesimo secolo hanno preso seriamente in considerazione tale distinzione, ponendo l'incertezza al centro della scena delle loro conclusioni. Keynes (negli anni '30), Hayek (negli anni '50) e Friedman (negli anni '60) hanno tutti enfatizzato il ruolo dell'incertezza come concetto distinto dal rischio nel tentativo di comprendere la complessità dei sistemi economici.

È vero tuttavia che è il rischio, più che l'incertezza, ad aver dominato la sfera economica negli ultimi cinquant'anni. Assumendo che le condizioni future del mondo fossero delineate

da distribuzioni note, Arrow e Debreu (1954)[1] hanno permesso al rischio di essere quantificato in termini di prezzo con precisione statistica e l'incertezza è stata messa da parte.
Ma se il sistema economico e finanziario operano sul labile confine tra ordine e disordine, ignorare l'incertezza è certamente irrealistico ed errato. L'incertezza altera in maniera profonda il comportamento del sistema finanziario. Si considerino per esempio i prezzi delle azioni: sotto ipotesi di incertezza piuttosto che di rischio, tale prezzo non potrà essere definito da un singolo valore, ma piuttosto vi sarà un range di prezzi che definisce l'equilibrio (Epstein e Wang, 1994)[2].
L'incertezza deve quindi entrare nella considerazione del rischio sistemico. In risposta alla crisi c'è stata recentemente un forte interesse nel modellare il sistema finanziario come un insieme di relazioni complesse e in continuo adattamento. C'è quindi ormai la volontà e la necessità di considerare tutte le componenti fin ora descritte nel tentativo di spiegare gli eventi che caratterizzano una crisi finanziaria, al fine di arrivare ad una comprensione più ampia del rischio sistemico.

1.2 LE DEFINIZIONI DI RISCHIO SISTEMICO

A testimonianza del fatto che storicamente il rischio sistemico si presenta come un'entità difficile da definire in modo puntuale, grande risalto nell'ambito della letteratura in materia ha conosciuto la definizione che nel 1964 Potter Stewart, giudice associato della Corte Suprema degli Stati Uniti d'America, ha dato alla pornografia:

"I shall not today attempt further to define the kinds of material I understand to be embraced within that shorthand description ["hard-core pornography"]; and perhaps I could never succeed in intelligibly doing so. But I know it when I see it, and the motion picture involved in this case is not that."

Una delle possibilità quando si fronteggia il rischio sistemico è quindi quella di ammettere che esso non si presta ad una quantificazione, ma che piuttosto è qualcosa che si palesa quando viene osservato; semplicemente pensiamo di conoscerlo quando lo vediamo. Tale approccio, sebbene sia molto intuitivo e diretto e permetta di cogliere il tipo di problema che

[1] Si veda "*Existence of an equilibrium for a competitive economy*"
[2] *Intertemporal Asset Pricing under Knightian Uncertainty*"

si sta affrontando, non si presta tuttavia ad un'analisi ed una misurazione specifica del rischio sistemico, analisi che risulta però necessaria. Questo perché, soprattutto con crisi la finanziaria del 2007-2009, è apparso ancora più evidente a tutti il ruolo cruciale che il sistema finanziario ricopre in tutta l'economia.

La stabilità del sistema finanziario è diventato il principale obiettivo macroeconomico degli istituti regolatori e il rischio sistemico ha iniziato ad essere visto come uno dei fondamenti logici delle scelte di politica economico-finanziaria dei diversi paesi.

La definizione di cui sopra deve essere quindi messa da parte per collocarsi in una prospettiva diversa, che guardi al rischio sistemico in maniera più operativa. Esso può in quest'ottica essere definito come: "*un qualunque insieme di eventi o circostanze che vadano a minare la stabilità del sistema finanziario di riferimento*". (BILLIO, GETMANSKY, LO, PELIZZON, 2010).

Tuttavia come già sottolineato non vi è una definizione univoca. Alcuni autori vedono il rischio sistemico come "la probabilità che perdite cumulative derivino da un evento che innesca una serie di perdite successive lungo una catena di istituzioni o mercati costituenti un sistema" (KUAFMAN, 1995). Questa definizione è coerente con quella fornita direttamente dalla BIS (Bank of International Settlement) nel 1994, secondo cui il rischio sistemico è il rischio che il mancato adempimento alle proprie obbligazioni da parte di uno dei partecipanti del sistema possa via via causare il default degli altri partecipanti, con l'innescarsi di una catena di reazioni che sfocia in una crisi sistemica diffusa.[3]

Altri autori definiscono il rischio come " la possibilità che uno shock economico modesto possa indurre una sostanziale volatilità nei prezzi azionari, riduzioni significative nella liquidità aziendale, potenziali fallimenti e perdite di efficienza" (KUPIEC E NICKERSON, 2004).

Altri ancora lo ritengono "il rischio che il default di uno degli attori del mercato porti a ripercussioni sugli altri soggetti, a causa della natura interconnessa dei mercati finanziari" (CHAN ET AL. , 2005).

L'idea che ne emerge è quindi quella che vi sia sempre una certa possibilità che un qualsiasi tipo di evento sfavorevole colpisca una singola parte della catena finanziaria, per poi estendersi e far si che il sistema tutto ne risenta. Tale evento viene definito "triggering event" (evento "grilletto" o "innesco") e può assumere, come si evince dalle definizioni, diverse conformazioni.

Secondo quanto scrive John B. Taylor[4] *("Defining systemic risk operationally"*) i triggering

[3] Anche ROBERT PARRY (1996), presidente della Federal Reserve Bank di San Francisco fornisce una definizione simile.

[4] *Ending Government Bailuts As We Know Them, 2009*

events possono derivare:

- dal settore pubblico, come nel caso della brusca contrazione di liquidità ad opera di una banca centrale, che avvenga a seguito di una precedente forte espansione della stessa, causando perciò un forte squilibrio
- da shock esterni, per esempio un attacco terroristico o un disastro naturale
- dagli stessi mercati finanziari, come il fallimento di una grande istituzione finanziaria

Esempi di triggering events possono dunque essere considerati il fallimento del governo argentino del 2001 e l'attacco terroristico alle torri gemelle del 11 Settembre del medesimo anno. Ma allo stesso modo gli stessi interventi di politica finanziaria da parte dei governi possono plausibilmente essere considerati triggering events. Si pensi ad esempio ad un intervento di politica monetaria che blocchi i tassi d'interesse ad un livello troppo basso per un periodo di tempo eccessivo, oppure ad interventi di salvataggio governativo che portino forti squilibri nel sistema finanziario.

Se guardiamo al rischio sistemico in quest'ottica possiamo facilmente comprendere tutta la lunghissima serie di provvedimenti messi in atto dai governi dopo la crisi finanziaria scoppiata nel 2007. Tra questi citiamo per esempio la formazione di un Comitato europeo per il rischio sistemico (ESRB: European Systemic Risk Board) che dal 2009 si occupa del monitoraggio del sistema finanziario a livello europeo: lo scopo è quello di cercare di prevedere ed eventualmente mitigare eventuali effetti sistemici che potrebbero minacciare l'integrità finanziaria della zona del mercato unico.

Nel contesto dell'UE è la stessa Banca Centrale Europea che prova a definire il rischio sistemico, che viene concepito come un rischio di instabilità finanziaria "così diffuso da compromettere il funzionamento del sistema finanziario fino al punto in cui la crescita economica e il benessere ne risentono materialmente", cioè tale da avere impatto sull'economia reale. Grande importanza ricopre poi la "Dodd Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act" (Dodd Frank Act) del 2010, una delle più estese riforme finanziarie nella storia americana. Essa ha disposto la creazione di organi specifici, quali FSOC (Financial Stability Oversight Country) e OFR (Office of Financial Reserve), con lo scopo di individuare tempestivamente i rischi alla stabilità finanziaria ed eventualmente rispondervi, anche grazie alla promozione di regole di mercato che si basino sulla minor convinzione degli organismi finanziari della possibilità di un salvataggio governativo in caso di necessità.

Se si riuscisse ad arrivare infatti ad una definizione di rischio sistemico largamente accettata,

si potrebbe in qualche modo mettere dei confini agli interventi di risanamento da parte del governo; se il fallimento di un'istituzione finanziaria non risponde ai criteri che individuano il rischio sistemico, non vi sarà ragionevole motivo per un salvataggio. Tali provvedimenti sono pertanto in prima analisi l'espressione della necessità di una risposta legislativa alla recente crisi finanziaria, ma incorporano anche il forte bisogno di avere una prospettiva più a lungo termine, che miri alla stabilità finanziaria non solo presente ma anche futura. Si badi bene che le politiche di controllo e regolamentazione del rischio sistemico, proprio per la loro difficile implementazione, possono risultare un arma a doppio taglio per il sistema finanziario. Kaufman (1996) sostiene che il più grande pericolo di rischio sistemico derivi non tanto dal danno che può essere imposto all'economia da una serie di fallimenti bancari, quanto dal danno che viene imposto al sistema dagli effetti negativi di politiche pubbliche mediocri per la prevenzione del rischio sistemico stesso.

Risulta dunque immediato comprendere come il tentativo di cogliere e misurare il rischio sistemico abbia assorbito così tante risorse tra i decision makers; resta infatti difficile pensare che la scelta delle diverse politiche economiche e finanziarie possa prescindere da un modello fondamentalmente empirico, che permetta un'analisi tempestiva e univoca dei dati concernenti le fonti di rischio esistenti nel sistema.

A tal proposito si ritiene utile chiarire la differenza tra *"rischio sistemico" e "rischio sistematico"*.

Il rischio sistematico è il rischio macroeconomico che non può essere eliminato tramite la diversificazione del portafoglio. È cioè quel rischio che dipende da dinamiche di mercato non direttamente legate alle singole attività finanziarie, perciò non è controllabile (a differenza del rischio specifico). Esso è dunque il fattore che nei modelli di equilibrio dei mercati finanziari (es. Capital Asset Pricing Model) porta all'aggiustamento dei rendimenti attesi con il cosiddetto "premio per il rischio". La distinzione tra le due terminologie è importante per due ragioni: primo, lo studio del rischio sistematico è pienamente supportato da modelli empirici di misurazione, a differenza di quanto visto per il rischio sistemico; secondo, il rischio sistematico deriva principalmente da shock macroeconomici, mentre il rischio sistemico porta al verificarsi un tale shock. Si badi quindi a non confondere i due termini, così simili ma al contempo tanto diversi.

1.3 LA MISURAZIONE DELL RISCHIO SISTEMICO

La complessità del sistema finanziario si sostanzia nella presenza contemporanea di limiti istituzionali, legali e contrattuali, in una moltitudine di attori con caratteristiche diverse, nelle abitudini interne al mercato e in una serie di fattori esogeni: tutto ciò guida l'andamento del sistema nel suo insieme e ne determina i risultati, sia nel breve periodo che a lungo termine. Di conseguenza ci sarà una grande varietà di modelli e sistemi di misura che si concentrano sui diversi aspetti del rischio sistemico. Le differenze tra i diversi approcci sono ovviamente molto importanti. Consideriamo per esempio il caso in cui si ritenga che il rischio sistemico nasca e cresca in modo endogeno all'interno del sistema finanziario. Se così fosse si potrebbe pensare che periodicamente si verifichino degli eventi schematici nella stabilità del sistema che possano essere misurati e che, quindi, possano formare la base per la costruzione di un modello predittivo per il rischio sistemico. Se al contrario ci ponessimo nella prospettiva che il sistema finanziario sia sensibile a shock esogeni non prevedibili, allora il precedente modello di risposta al rischio sistemico sarebbe completamente fuori luogo e si dovrebbe operare diversamente. Tali shock infatti avvengono con una frequenza totalmente incostante, quindi è molto più difficile definire una base empirica e statistica su cui costruire un modello di previsione e di risposta ad una crisi finanziaria. Inoltre, c'è anche chi ritiene che ogni anno, a livello mondiale, avvengano in media circa 3-4 crisi finanziarie (CARUANA, 2010); molte di queste avvengono in paesi con economie in via di sviluppo , probabilmente per il fatto che le nazioni piccole sono più numerose. Ovviamente tali crisi saranno diverse l'una dall'altra, per intensità, per i fattori scatenanti, per le caratteristiche proprie dell'economia in cui avvengono. È facile capire come questo aggiunga ulteriormente gradi di complessità e come l'implementazione di un sistema predittivo e di controllo del rischio sistemico divenga sempre più difficile.

Proprio a riguardo di quest'ultimo scenario alcuni autori si sono espressi in maniera pessimistica. Secondo Borio e Drehmann [5] (2009) non c'è una singola spiegazione comunemente accettata per il comportamento di un sistema finanziario durante una crisi: poiché vi sono una serie di eventi inconsueti che colpiscono i centri finanziari più sviluppati, l'identificazione di uno schema comune tra tutti questi episodi, che risulti affidabile e stabile nel tempo, è virtualmente impossibile per tutta la vita del sistema finanziario in esame.

[5] *Towards an operational framework for financial stability: "fuzzy" measurement and its consequences*

Ciò nondimeno, come accennato, la necessità di trovare una soluzione al rischio sistemico rimane troppo vitale a livello istituzionale: come vedremo infatti, una definizione operativa sarebbe essenziale non solo per limitare i salvataggi governativi di istituzioni fondamentali del sistema finanziario, ma anche per l'implementazione di riforme in ambito economico-finanziario a tutto tondo. Proprio per questo lo studio delle diverse possibilità quantificative e predittive non si è mai arrestato nel corso del tempo, soprattutto in epoca recente.
In sede di questo studio si è ritenuto utile presentare le diverse classificazioni fornite da Bisias, Flood, Lo e Valavanis (2012). Questo perché esse permettono di apprezzare significativamente come al cambiare degli scopi e della prospettiva in cui ci si colloca, cambiano anche gli approcci alla misurazione e la scelta ottima degli indici a ciò preposti.

1.3.1 Classificazione basata sui dati richiesti

La TABELLA 1.1 riporta la prima delle quattro classificazioni dei diversi metodi proposta per la misurazione del rischio sistemico proposta da Bisias, Flood, Lo e Valavanis (2012): nello specifico, i diversi approcci sono proposti in ordine crescente rispetto al grado di precisione e approfondimento dei dati necessari all' implementazione del sistema di misurazione.
Un raggruppamento di tal genere è certamente più rilevante per le agenzie di regolamentazione che useranno gli indici proposti, anche se può risultare comunque interessante per le stesse aziende che forniscono i dati. Alternativa di valore a questa classificazione potrebbe essere quella fornita dal Journal of Economic Literature (JEL), o la tassonomia EconLit, strettamente legata alla prima.
Tale classificazione, come ogni altra possibile, resta tuttavia necessariamente approssimata. Ogni singolo indice deve essere preso e giudicato singolarmente, sulla base dei suoi pregi e difetti, dei dati disponibili rispetto a quelli necessari al suo calcolo, della sensibilità del modello e della sua capacità di cogliere e prevedere il particolare aspetto del rischio sistemico su cui l'indice è incentrato. La creazione di un singolo schema di classificazione, inclusivo di tutti gli indici sviluppati sin ora, sarebbe quantomeno scarsamente desiderabile per l'utilizzatore finale. La necessità infatti è quella di adattare l'indice alla singola situazione, cioè alle precise caratteristiche della crisi finanziaria in esame; pertanto la possibilità di disporre di approcci diversi risulta in parte funzionale, sebbene aggiunga ulteriori difficoltà alla pretesa di misurare in maniera chiara il rischio sistemico.

Inoltre bisogna considerare come la mutevolezza dei sistemi finanziari sia anche funzione del tempo: uno schema che oggi risulti essere adatto allo scopo, sarà sicuramente uno schema obsoleto domani. Nuovi approcci di misurazione nasceranno in futuro, nuove idee si concretizzeranno in ogni momento, rivelando le zone d'ombra e l'inadeguatezza degli schemi attuali, quindi ogni classificazione sarà destinata ad evolversi nel tempo.
Di seguito si propone una breve spiegazione delle diverse categorie di misure proposte, al fine di rendere più chiaro come esse si fondino su dati di natura differente e come sottintendano precisi scopi predittivi e decisionali.

Macroeconomic Measures

L'importanza assoluta che riscoprono le minacce alla stabilità finanziaria, a partire dalla crisi del 2007-2009 implica che anche eventi sistemici naturali, cioè per loro natura fisiologici nel contesto, risultino molto appariscenti e determinino un forte interesse delle istituzioni a tutti i livelli del sistema stesso. Storicamente i modelli macroeconomici hanno sempre avuto una forte rilevanza, con la creazioni di gruppi di lavoro e di studio specificamente indirizzati all'implementazione di nuovi schemi di misurazione. Tra i maggiori troviamo per esempio il Macro Financial Modeling (MFM) Group, guidato tra gli altri dal neo premio nobel per l'economia Lars Peter Hansen, che ha lo scopo di discutere e verificare continuamente i modelli attuali e di sviluppare strumenti sempre aggiornati e attuali.
Le misure del rischio sistemico di questo primo gruppo si fondano sull' idea che frizioni all'interno del sistema finanziario abbiano una forte influenza appunto a livello macroeconomico. Mentre in tempi normali queste frizioni possono facilmente essere mitigate dal sistema finanziario, durante le crisi la fragilità del sistema non permette di limitarne l'effetto e l'instabilità tende ad aumentare in maniera drastica.
Gli effetti macroeconomici delle frizioni nel sistema finanziario, secondo Brunnermeier, Eisenbach e Sannikov (2012), sono principalmente tre: Persistenza, Amplificazione, Instabilità. La Persistenza si può riassumere nell'idea che uno shock, seppur temporaneo, possa avere effetti che durano nel lungo periodo. La persistenza di tali shock sarà inoltre molto più forte per via dell' effetto feedback delle frizioni presenti nel sistema finanziario.

Systemic Risk Measure
Macroeconomic Measures:
Costly Asset-Price Boom/Bust Cycles
Property-Price, Equity-Price, and Credit-Gap Indicators
Macroprudential Regulation
Granular Foundations and Network Measures:
The Default Intensity Model
Network Analysis and Systemic Financial Linkages
Simulating a Credit Scenario
Simulating a Credit-and-Funding-Shock Scenario
Granger-Causality Networks
Bank Funding Risk and Shock Transmission
Mark-to-Market Accounting and Liquidity Pricing
Forward-Looking Risk Measures:
Contingent Claims Analysis
Mahalanobis Distance
The Option iPoD
Multivariate Density Estimators
Simulating the Housing Sector
Consumer Credit
Principal Components Analysis
Stress-Test Measures:
GDP Stress Tests
Lessons from the SCAP
A 10-by-10-by-10 Approach
Cross-Sectional Measures:
CoVaR
Distressed Insurance Premium
Co-Risk
Marginal and Systemic Expected Shortfall
Measures of Illiquidity and Insolvency:
Risk Topography
The Leverage Cycle
Noise as Information for Illiquidity
Crowded Trades in Currency Funds
Equity Market Illiquidity
Serial Correlation and Illiquidity in Hedge Fund Returns
Broader Hedge-Fund-Based Systemic Risk Measures

TABELLA 1.1*:* Classificazione delle misure del rischio sistemico in base ai dati necessari *(*Fonte: *Bisias, Flood, Lo e Valavanis , "A survey of sistemic risck analytics", 2012)*

Nei modelli macroeconomici gli shock negativi che colpiscono il valore della rete imprenditoriale incrementano le frizioni finanziarie e costringono gli imprenditori ad investire meno. A questo si somma l'effetto di amplificazione: la diminuzione del capitale aggregato determinata dallo shock negativo alla rete del valore riduce il costo del capitale. Questo minor prezzo a sua volta influisce negativamente sulla rete del valore, amplificando l'effetto dello shock iniziale. I modelli in esame infine considerano l'esistenza, come accennato nel paragrafo precedente, di forti effetti non lineari a cui il sistema finanziario è esposto, che determinano l' Instabilità.

In questo filone di ricerca si collocano i lavori di molti autori, a partire da Reinhart e Rogoff (2009), che hanno esaminato ampi aggregati macroeconomici quali indici dei prezzi azionari, tassi di crescita del GDP (PIL) e debito pubblico. I risultati hanno messo in risalto uno schema comune nelle dinamiche empiriche degli episodi di crisi, studio ripetuto in maniera affidabile in paesi diversi e in momenti storici diversi. Ne deriva che, in ottica di politiche regolatrici, misure aggregate possono essere utili per individuare una larga scala di squilibri e per guidare la definizione di opportune politiche di aggiustamento.

Da una prospettiva politica, una naturale controparte per il monitoraggio del rischio macroeconomico è la regolamentazione macro-prudenziale. Borio (2010) ha definito un quadro macro-prudenziale come una supervisione calibrata dall'alto al basso, piuttosto di una costruzione che parta dalle istituzioni individuali per poi arrivare ad uno schema diffuso. Questo permetterebbe di risolvere l'errore nella composizione, qualora il rischio fosse endogeno al sistema ma apparisse comunque come esogeno alle singole aziende. Borio inoltre sottolinea come il rischio abbia una differente evoluzione in una dimensione temporale (pro-ciclicità) rispetto alla dimensione trasversale (legata all'esposizione comune e all'interconnessione tra aziende). La misurazione più appropriata del rischio varia a secondo della dimensione considerata: sistemi di allarme iniziale o indicatori economici di previsione del ciclo economico[6] sono i migliori se si considera la dimensione temporale del rischio, mentre per la dimensione trasversale risultano più appropriate misure consistenti del singolo apporto al rischio sistemico da parte di ciascuna istituzione.

Ad oggi non vi sono singoli indici di misura che possano operare in entrambe le direzioni simultaneamente, tant'è che molte misure esistenti possono essere in realtà fuorvianti.

[6] Tra i diversi indicatori quelli che assumono maggior importanza sono a livello europeo l' €-coin, calcolato mensilmente dalla Banca d'Italia il CLis, stilato dall'OCSE; per gli Stati Uniti invece il più consistente è l'indice LEI, pubblicato dall'ente "The Conference Board".

Più recentemente invece, l'enfasi maggiore è passata sull'approccio basato sugli impatti attesi sull' "impronta sistemica" di un'azienda, soprattutto perché i sostenitori di tale teoria ritengono questo schema più propenso alla negoziazione internazionale[7].

Granular Foundation and Network Measures

Le misure aggregate del rischio e degli squilibri non possono ovviamente cogliere ogni sfumatura. Per esempio, l'aggregazione tipicamente tende a fornire la media di rischio o dispersione in un set di dati. Tuttavia il sistema finanziario e l'economia globale sono complessi e sempre in evoluzione e un singolo indice non è in grado di fornire tutte le informazioni che servono a descrivere lo stato reale del sistema. Ne è testimonianza il fatto che nessuno è riuscito a prevenire la crisi finanziaria del 2007-2009, nonostante la presenza di una serie di misure aggregate, regolamentazioni e analisi specifiche.

Le misure di rischio facenti parte del gruppo delle "*Granular Foundation and Network Measures*" hanno un fondamento differente, in quanto sfruttano strumenti più specificatamente appartenenti del sistema finanziario (a differenza di quantità macro-economiche), operando attraverso una conoscenza molto più dettagliata dei motivi e delle modalità che portano allo stress e al fallimento delle istituzioni finanziarie. Essi cercano quindi di capire precisamente come gli eventi sistemici si dispiegano nel tempo fino a portare alla crisi del sistema.

Per poter comprendere i diversi approcci si rende necessaria una piccola digressione sulle fondamenta su cui poggiano tutte le misure del rischio finanziario. Qualsiasi misura di questo tipo infatti deve comprendere, in un modo o nell'altro, delle obbligazioni di pagamento in una qualsiasi forma[8]. Per il ruolo centrale ricoperto dalle obbligazioni, le istituzioni finanziarie e i contratti finanziari stipulati tra le stesse diventano la base per poter comprendere il rischio sistemico e per costruire i modelli di misura che fanno parte di questo gruppo. Sono quindi le relazioni e i collegamenti tra i diversi attori del sistema che acquisiscono maggior importanza al fine della misurazione.

Tra gli indici di questo gruppo trovano spazio la teoria della *"Network Analysis and Systemic*

---

[7] *Basel Committee on banking Supervision*, 2011

[8] Si vuole includere nel termine "obbligazione" sia i pagamenti che derivano tradizionalmente da una forma contrattuale, sia quelli che nascono da un diritto di opzione o da clausole legate al verificarsi di particolari eventi. Se infatti il possessore di un di opzione esercita il suo diritto (short o long position), la possibilità di un pagamento diventa un obbligo reale. Così come se il pagamento dipendesse da una contingenza esterna e tale contingenza si verificasse.

Financial Linkages" e il modello del *"Granger-Causality Networks"*. Entrambi saranno oggetto di un approfondimento nei capitoli successivi, pertanto non ci dilungheremo oltre in questa sezione.

Forward-Looking Risk Measures

L'ampio gruppo di Forward-Looking Risk Measures può essere considerato come una naturale estensione delle misure basate sulla valutazione. Quest'ultime posso essere valutazioni scalari, come il value at risk (VaR) o il CDS spread, oppure valutazioni di tipo multidimensionale, come nel caso dei coefficienti multifattoriali nel Capital Asset Pricing Model (CAPM).

Questa classe di indici riesce però a sviluppare e migliorare quella basata sulla valutazione almeno in tre dimensioni. Per prima cosa, se confrontati con una valutazione basata sui prezzi storici, gli indici forward-looking aiutano in maniera decisiva a comprendere l'evoluzione del valore di un portafoglio, di un istituzione o addirittura del sistema finanziario considerato, seppur le misure non debbano essere intese in termini di strumenti di previsione. Un palese esempio sono i contratti forward, che non prevedono un pagamento in anticipo, ma che ciononostante espongono la controparte ad un rischio significativo. In secondo luogo, a differenza di quanto avviene per le valutazioni, i processi di aggregazione tra diversi portafogli o posizioni non è per forza lineare, quindi ciò suggerisce che le statistiche sono spesso inappropriate. Come esempio in tal caso si consideri il valore a rischio (VaR): per un portafoglio esso non è la somma pesata dei VaR dei singoli titoli componenti il portafoglio, ma dipende in maniera forte dalla correlazione della distribuzione dei rendimenti. Ovviamente un bilancio tradizionale non può catturare ed esprimere tali relazioni. Infine, la non-linearità complica enormemente la misurazione.

Altro vantaggio che offrono gli indici di questo gruppo è quello di offrire maggiori possibilità nel testare le situazioni di stress per le istituzioni finanziarie; infatti, alcuni degli scenari di stress potrebbero proprio dipendere dalle misure di rischio forward-looking.

Questa "visione futura", per riuscire a cogliere al meglio la dimensione del rischio, sistemico di altra natura, dev'essere orientata ai flussi di cassa delle posizioni e dei portafogli in diversi orizzonti temporali nel futuro e in diversi scenari. Dal punto di vista delle politiche istituzionali, questo tipo di misure possono aiutare a riporre l'attenzione delle regolamentazione sui fattori di rischio potenziali che emergono nel sistema, prima che essi si

sostanzino in maniera palpabile nei risultati finanziari. Il futuro tuttavia non è prevedibile con certezza, quindi questi modelli spesso tendono a fornire una o più distribuzioni di probabilità di processi stocastici, che provino a cogliere in maniera sistematica i possibili percorsi di evoluzione dei portafogli o di altri aspetti globali del sistema finanziario.
Un esempio può essere l'applicazione di Gray e Jobst nel 2010 del modello elaborato da Merton nel 1973, in cui l'equity è considerata come un opzione call sui beni dell'azienda. Tra le conclusioni, il modello fornisce una stima della probabilità implicita di fallimento/default.
Non bisogna dimenticare come l'applicazione di misure del rischio basate sul forward-looking, come per altro tutti gli stress test cui si accennerà nel prossimo paragrafo, richiedano una mole di dati importanti. Ma dati di portafoglio dettagliati contengono sempre informazioni di business confidenziali, quindi il loro reperimento non sempre è agibile.

Stress-Test Measures

Gli stress test sono un caso speciale di misure di forward-looking risk measures e ricoprono un ruolo molto significativo nel processo di monitoraggio del rischio sistemico. Ne è una testimonianza il fatto che gli stress test siano esplicitamente codificati nella regolamentazione e negli standard internazionali, incluso l'accordo di Basilea.
Gli stress test verranno ripresi in maniera più approfondita nella sezione relativa alla classificazione basata sull'orizzonte temporale.

Cross-Sectional Measures

Una filosofia complementare alle misure forward-looking descritte nella sezione poc'anzi è quella che raggruppa le cosiddette cross-sectional measures. Tale approccio ha lo scopo di esaminare la co-dipendenza fra le istituzioni sulla base della loro salute finanziaria. Gli esempi più esemplificativi di misure appartenenti a questa classe sono certamente il modello di "conditional value at risk" (CoVaR), proposto da Adrian e Brunnermeier nel 2010, e la connessa misura di Co-Risk proposta dal Fondo Monetario Internazionale subito dopo la crisi finanziaria del 2007-2009.
In via semplificata l'indice CoVar mette in relazione due istituzioni ed è definito il valore al rischio di un'istituzione ad un determinato quantile di probabilità (tipicamente il 99%), condizionato dalla seconda istituzione che si trova sulla soglia del suo VaR nello stesso quartile. Quindi un alto valore della misura CoVaR significa che la prima istituzione tende a

trascinare la seconda in situazione di crisi. Tale relazione non è però necessariamente simmetrica. Vengono inclusi inoltre nel modello dei fattori esterni, che soddisfano l'eventualità che la distribuzione congiunta evolva nel tempo.
La misura di Co-Risk elaborata dal IFM nel 2009 è simile per struttura, ma essa esamina il CDS spread di un'azienda, condizionato al CDS spread dell'altra, entrambi al rispettivo 95° percentile di distribuzione empirica.

Measures of Illiquidity and Insolvency

Un certo numero di misure di rischio si concentrano sulla stato di salute delle istituzioni o del sistema tutto in un determinato periodo di tempo, cioè sul come i contratti di un' azienda o del sistema finanziario influiscano sull' esposizione al rischio, ma la misurazione del rischio sistemico ha a che fare anche con comportamenti dinamici, soprattutto in condizioni di crisi. Risulta pertanto importante osservare quelli aspetti del sistema che posso rendere più chiaro come il comportamento degli attori in gioco possa cambiare in risposta ad uno shock esterno. Tutti i comportamenti in ambito economico pongono inevitabilmente dei limiti ai soggetti, e durante un periodo di crisi è probabile che siano fissati significativi limiti di tipo finanziario.
Per questo le limitazioni ai comportamenti possono formare la base per un'indicazione approssimata ex ante delle risposte degli attori in gioco. Le misure di illiquidità e insolvenza cercano quindi di catturare, tramite una serie specifica di indicatori, quale sia la probabilità che uno shock determina una risposta negativa da parte di un azienda, per estendere poi le considerazioni alla dimensione del sistema finanziario nel suo insieme.

1.3.2 Classificazione basata sulla prospettiva di sorveglianza

La seconda classificazione proposta da Bisias, Flood, Lo e Valavanis (TABELLA 1.2) è basata sullo scopo della sorveglianza, quindi assume una forte rilevanza per le autorità governative. Dal punto di vista istituzionale, le responsabilità individuali e le azioni dei soggetti regolatori sono divise a seconda del sotto-settore in cui essi operano. I confini giurisdizionali che separano i vari campi di regolazione delle singole agenzie a ciò preposte servono a fornire chiarezza riguardo alle entità soggette alla regolazione, permettendo alle unità di sorveglianza di sviluppare competenze focalizzate sulle diverse aree del sistema finanziario. Un determinato sistema di misura del rischio sistemico potrà dunque risultare più o meno

rilevante per un singolo regolatore a seconda della giurisdizione della sua sorveglianza. Poiché è molto probabile che una crisi finanziaria sia caratterizzata da shock e triggering events che colpiscono una specifica istituzione, che abbia un ente regolatore primario chiaramente identificabile (ad esempio la Lehman o il fondo speculativo LTCM[9]), l'esistenza di schemi di misurazione personalizzati per i singoli tipi di business possono aiutare a puntualizzare i pericoli presenti nel settore e a far scattare l'allarme per il regolatore pertinente. Comunque, per definizione, le minacce alla stabilità finanziaria coinvolgono molte istituzioni simultaneamente, andando a colpire il sistema nel suo insieme. Diversi autori[10] hanno posto l'accento sulla distinzione tra regolazione macroprudenziale e microprudenziale.
La prima è incentrata su controlli prudenziali a livello delle aziende, mentre la seconda considera il sistema nel suo complesso[11]. Nonostante l'impatto di eventi sistemici riguardi certamente la sfera macroprudenziale, particolari misure per le minacce alla stabilità finanziaria potrebbero essere applicate anche a livello microprudenziale. A tal fine, raggruppare analiticamente le misure di rischio sistemico secondo un ottica di sorveglianza porterà come effetto principale la formazione delle due categorie citate, macroprudenziale e microprudenziale. All'interno di queste due categorie vi sarà poi la possibilità di raggruppare ulteriormente gli indici a seconda dello scopo istituzionale: titoli e beni, settore bancario e immobiliare, assicurazioni e pensioni, applicazioni generali.
Come detto, la classificazione appena proposta assume importanza soprattutto dal punto di vista delle autorità governative e di controllo, pertanto non si ritiene funzionale in sede di questo studio approfondire la diverse categorie.
Una breve considerazione va però fatta: è palese che ogni discussione riguardo alle politiche finanziarie non possa essere completa se non si considera l'impatto potenziale che può avere il comportamento umano. Secondo la famosa critica di Lucas (1976) "qualsiasi cambiamento nella linea politica porterà sistematicamente alterazioni nei modelli econometrici". Tuttavia non si può prescindere da un sistema di misurazione che giochi un ruolo centrale nel controllo e nella regolamentazione. Si immagini per esempio di condurre una politica monetaria senza alcune misure di inflazione, quali l'andamento del PIL o il tasso di disoccupazione: risulterebbe assolutamente impensabile. La questione che si pone quindi non è se debba o non debba esserci un sistema di misurazione del rischio sistemico, bensì quale sia l'impatto dello stesso sul comportamento e sulle reazioni istituzionali. Se le misure proposte fornissero input

[9] Long-Term Capital Management
[10] Tra gli altri, BRUNNERMEIER, CROCKETT, GOODHART, PERSAUD, SHIN, "*The Foundamental Principles of Financial Regulation, 2009*
[11] Si veda anche HANSON, KASHYAP, STEIN, *"A Macroprudential Approach to Financial Regulation",* 2011

accurati alle decisioni politiche, i benefici di prim'ordire alla stabilità del sistema sarebbero indubbi, indipendentemente dal se e dal come tali misure impatterebbero sulle aspettative individuali e istituzionali.

La critica di Lucas è stata recentemente rivista in maniera accurata da Kocherlakota (2010), che ne ha considerata l'influenza macroeconomica in epoca moderna. La chiave che permette ai decisori delle politiche macroeconomiche di sfuggire a tale critica, secondo Kocherlakota, è di creare modelli specificatamente basati su quelli aspetti dell'economia che sono unanimemente riconosciuti essere sotto il controllo governativo. Tali modelli potrebbero infatti cogliere e comprendere in maniera migliore gli impatti di cambiamenti nelle politiche governative, non inficiando l'efficacia degli indici econometrici che li compongono. Questo ha portato alla creazione dei cosiddetti "macro modelli moderni", che si sono evoluti e hanno nel tempo incorporato sempre nuove caratteristiche, fino a sostanziarsi nei cosiddetti "dynamic stochastic general equilibrium" (DSGE) macro models. Sono cioè modelli di equilibrio macro-economico generale, che comprendono il comportamento dinamico del sistema[12] e l'inclusione degli shock casuali (stochastic). Con il termine generale si ci si riferisce alla considerazione dell'economia nel suo insieme; infine il termine equilibrio vuole sottintendere all'inclusione di specifici vincoli e obbiettivi per i soggetti.

[12] Il termine "dynamic" si riferisce all'orientamento foward-looking dei soggetti, che vogliono tener conto dei possibili rischi a cui potrebbero essere esposti

Systemic Risk Measure
Microprudential Measures—Securities and Commodities:
Crowded Trades in Currency Funds
Equity Market Illiquidity
Serial Correlation and Illiquidity in Hedge Fund Returns
Broader Hedge-Fund-Based Systemic Risk Measures
Microprudential Measures—Banking and Housing:
Network Analysis and Systemic Financial Linkages
Simulating a Credit Scenario
Simulating a Credit-and-Funding-Shock Scenario
Bank Funding Risk and Shock Transmission
The Option iPoD
Multivariate Density Estimators
Simulating the Housing Sector
Consumer Credit
Lessons from the SCAP
A 10-by-10-by-10 Approach
Distressed Insurance Premium
Microprudential Measures—Insurance and Pensions:
Granger-Causality Networks
Mark-to-Market Accounting and Liquidity Pricing
Microprudential Measures—General Applications:
The Default Intensity Model
Contingent Claims Analysis
Mahalanobis Distance
CoVaR
Co-Risk
Marginal and Systemic Expected Shortfall
Risk Topography
The Leverage Cycle
Macroprudential Measures:
Costly Asset-Price Boom/Bust Cycles
Property-Price, Equity-Price, and Credit-Gap Indicators
Macroprudential Regulation
Principal Components Analysis
GDP Stress Tests
Noise as Information for Illiquidity

TABELLA 1.2: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base agli scopi di regolamentazione *(Fonte: Bisias, Flood, Lo e Valavanis , "A survey of sistemic risck analytics", 2012)*

1.3.3 Classificazione legata all'orizzonte temporale

La terza classificazione tassonomica proposta dagli autori Bisias, Flood, Lo e Valavanis nel loro studio è quella che si fonda sull'orizzonte temporale in cui si verificano le decisioni e gli eventi relativi ad una crisi finanziaria, ed è riportata nella TABELLA 1.3.
Il processo di decision making è un'attività critica per le istituzioni governative, che devono decidere se, quando e come intervenire sui mercati finanziari. In questo scenario, l'utilità di un sistema di misurazione del rischio sistemico legato al tempo, soprattutto relativamente all'orizzonte decisionale e all'inizio di un evento sistemico, è senza dubbio unanimemente riconosciuta.
In base a ciò, è possibile classificare i diversi strumenti di previsione e misurazione del rischio sistemico in tre categorie temporali: misure antecedenti l'evento (pre-event measures), misure simultanee (contemporaneus measures) e posteriori all'evento (post-event measures).
Ovviamente ci sono degli importanti benefici che derivano dall'utilizzo di provvedimenti che prevengono l'evento scatenante, in quanto permettono per definizione di anticipare il rischio di squilibri e di evitare pericoli sistemici. Ciò nondimeno, anche dei segnali strettamente contemporanei allo scatenarsi di eventi che turbano il sistema possono essere utili per distribuire in maniera equilibrata le risposte e preparare adeguatamente le istituzioni di vigilanza durante l'emergere di una crisi; il tempo di reazione infatti è una delle determinanti dei risultati della reazione stessa, soprattutto se gli eventi in questione sono in divenire. E infine c'è anche un ruolo importante per gli indici di analisi che sono implementati post crisi, soprattutto per non far scendere il livello di responsabilità dei regolatori.
Di seguito sono esposte le principali caratteristiche dei tre gruppi temporali di misura appena citati.

Misure Ex-Ante

In un mondo ideale il controllo sistemico potrebbe configurarsi come una scienza precisa, in grado di fornire previsioni precise e accurate sui tempi e sulle modalità con cui un evento negativo possa verificarsi, sull'intensità di questo e sulle conseguenze che scatenerebbe se non si intervenisse adeguatamente. Ma avendo a che fare con la stabilità finanziaria questo scenario è quanto di più sbagliato ci si possa attendere. È stato già delineato come le dinamiche del sistema finanziario siano in continuo movimento: gli shock possono arrivare da molte direzioni e in momenti differenti, molte minacce includono anche i comportamenti

elusivi dei partecipanti, e tantissime altre dinamiche entrano in gioco. Per esempio, istituzioni vulnerabili al meccanismo di contagio, come la Lehman Brothers nel 2008, hanno forti incentivi a non rivelare informazioni che possano condurre a peggiorare la propria condizione. Pertanto, individuare una grande moltitudine di minacce richiederà un ampia gamma di tecniche di monitoraggio.

In particolare, tra le misure ex-ante si distinguono due sotto categorie: la prima costituita dagli early warnings, la seconda dalle counterfactual simulation e dagli stress test.

Partendo dalla prima, i modelli di early warnings, cioè di allarme preventivo, sono definibili come misure che hanno lo scopo di ottenere un potere di previsione significativo. Molti degli indici di questo tipo hanno il fine di identificare gli insiemi di squilibri che man mano si formano nel sistema, per poter ottenere una qualche forma di previsione degli eventi sistemici con orizzonti che non siano di brevissimo termine (ossia termini più lunghi rispetto a quelli giornalieri o settimanali). Tali modelli previsionali quindi assegnano una certa probabilità ai futuri triggering events, che dipende dalle osservazioni presenti e passate delle caratteristiche del sistema.

Tuttavia i modelli basati sugli indicatori di early warnings richiedono tre precisazioni. Per prima cosa un potere di previsione affidabile non può da solo risolvere il problema decisionale relativo ai sistemi di controllo, in quanto non esiste come già detto uno strumento che da solo possa cogliere in pieno tutte le sfaccettature del sistema finanziario. Ci saranno sempre dei segnali confusi e in conflitto che provengono da un tale sistema, soprattutto durante i periodi di stress finanziario che precedono una crisi. Secondariamente non bisogna dimenticarsi che il contesto di riferimento mutua in continuazione e con grande velocità, pertanto ottenere una previsione affidabile, anche se il modello scelto è corretto, rimane un'impresa non banale. In terza istanza, per estensione della critica mossa da Lucas (si veda la sezione 1.3.2), gli indicatori early warnings potrebbero perdere efficacia per il cambiamento del comportamento dei soggetti in risposta ai segnali.

La seconda categoria di indici che agiscono prima di un triggering event ha invece una prospettiva diversa della stima della vulnerabilità del sistema; infatti, oggetto dell'attenzione è il comportamento del sistema stesso in condizioni ipotetiche. Come già accennato, le metodologie basate sugli stress test sono codificate nella regolamentazione e negli standard internazionali, incluso l'accordo di Basilea.[13] Tipicamente uno stress test delinea gli scenari o attraverso episodi storici di stress, oppure tramite ipotesi costruite sulla base di opinioni

[13] Sono applicati, per esempio, nello studio SCAP condotto dalla Federal Reserve nel 2009

Systemic Risk Measure
Ex Ante Measures—Early Warning:
Costly Asset-Price Boom/Bust Cycles
Property-Price, Equity-Price, and Credit-Gap Indicators
The Default Intensity Model
Network Analysis and Systemic Financial Linkages
Simulating the Housing Sector
Consumer Credit
GDP Stress Tests
Distressed Insurance Premium
The Leverage Cycle
Serial Correlation and Illiquidity in Hedge Fund Returns
Broader Hedge-Fund-Based Systemic Risk Measures
Ex Ante Measures—Counterfactual Simulation and Stress Tests:
Simulating a Credit Scenario
Simulating a Credit-and-Funding-Shock Scenario
Lessons from the SCAP
A 10-by-10-by-10 Approach
Marginal and Systemic Expected Shortfall
Contemporaneous Measures—Fragility:
Granger-Causality Networks
Contingent Claims Analysis
The Option iPoD
Multivariate Density Estimators
CoVaR
Co-Risk
Contemporaneous Measures—Crisis Monitoring:
Bank Funding Risk and Shock Transmission
Mahalanobis Distance
Principal Components Analysis
Noise as Information for Illiquidity
Crowded Trades in Currency Funds
Equity Market Illiquidity
Ex Post Measures—Forensic Analysis:
Macroprudential Regulation
Mark-to-Market Accounting and Liquidity Pricing
Ex Post Measures—Orderly Resolution:
Risk Topography

TABELLA 1.3: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base in base all'orizzonte temporale
(Fonte: Bisias, Flood, Lo e Valavanis , "A survey of sistemic risck analytics", 2012)

esperte o con altre tecniche[14]. Gli scenari sono spesso presentati sotto forma di possibili valori che assumerebbero le quantità macroeconomiche di base. Un'altra applicazione, valida soprattutto a livello politico, è l'individuazione delle istituzioni vulnerabili o a rischio[15].

Misure Simultanee

Tra le misure simultanee del rischio quelle che ricoprono maggior rilievo sono sicuramente quelle relative alla quantificazione della fragilità del sistema. La misurazione della fragilità finanziaria non è semplicemente mirata ad ottenere segnali di allarme in anticipo al fine di impedire i pericoli, ma la risposta ad una crisi è qualcosa di molto importante per i soggetti politici che hanno a che fare con il controllo del rischio. Le responsabilità dei soggetti regolatori ovviamente crescono quando si verifica un certo evento sistemico. Tra i loro compiti è incluso il continuo monitoraggio delle condizioni del sistema, l'individuazione di istituzioni, settori o mercati fragili o in crisi, lo sviluppo e l'implementazione degli interventi di regolamentazione, e una chiara e regolare comunicazione con il pubblico e i media. E tutto ciò dovrà probabilmente accadere in un arco temporale molto ristretto. Ecco lo scopo di questo gruppo di misure simultanee, sono indici che vengono aggiornati su base giornaliera o addirittura più frequentemente e che possono essere considerati come segnali in tempo reale della fragilità che nasce da una crisi emergente. Per esempio esse possono rendere più chiaro tutte le possibili ramificazioni e gli effetti collaterali dei vari interventi.
La seconda tipologia di misure contemporanee di rischio sono i cosiddetti sistemi di "crisis monotoring", cioè di monitoraggio crisi. Indipendentemente al potere di previsione, questo tipo di indici può comunque risultare utile a tracciare l'evoluzione della crisi mentre essa si realizza, al fine di fornire supporto nella distribuzione delle risorse e nell'implementazione delle politiche di risposta.

Misure Ex-Post

I benefici delle misure di rischio ex post non devono, come purtroppo spesso succede, essere sottovalutati; questo tipo di analisi può infatti aiutare ad individuare debolezze, lacune regolamentari e altre mancanze che portano in seguito alla necessità di riforme più sostanziali. In accordo con Alexander (2010), identificando gli aspetti strutturali del sistema finanziario

[14] Si veda ALFARO E DREHMANN (2009)
[15] Si veda, ad esempio, DUFFIE (2011)

che sono particolarmente vulnerabili, tali misure aiutano le istituzioni di controllo a capire dove la regolamentazione vada cambiata. Raramente infatti i sistemi finanziari possono fornire in maniera automatica e regolare dei feedback diretti dei propri risultati alle istituzioni politiche, affinché esse intervengano sul sistema regolamentario. L'abilità di identificare in maniera tempestiva le politiche che forniscono performance non all'altezza, e le conseguenze indesiderate che ne derivano, è pertanto una delle soluzioni più efficaci per migliorare la regolamentazione, e la misurazione è la base da cui partire.

Il primo sottogruppo di queste misure è quello delle cosiddette "analisi forensi". Ai fini delle politiche governative, l'osservazione del sistema e le relative misurazioni continuano ad avvenire anche dopo la conclusione di un evento sistemico o di un intervento di regolamentazione. La pubblicazione di resoconti flash, nell'immediato futuro che segue l'evento (quindi entro qualche ora o al massimo pochi giorni), possono aiutare a reperire informazioni decisive e a coordinare le risposte degli altri regolatori e partecipanti al mercato. Questa tempestiva trasparenza può assumere un significato specifico soprattutto in situazioni dove il panico e i comportamenti estremi assumono un ruolo chiave nello spiegarsi degli eventi sistemici. Capire cosa non è andato nel verso giusto è fondamentale in sede di ridefinizione della linea di regolamentazione e degli stessi mercati dopo la crisi

Le analisi di rischio sistemico ex-post hanno inoltre un ruolo importante nelle cosiddette "orderly resolution" delle istituzioni fallite. Questo è vero soprattutto nei modelli basati sui network, dove una dettagliata conoscenza della rete delle connessioni contrattuali aiuta nella comprensione di portafogli molto complessi.

1.3.4 Classificazione per la prospettiva di ricerca

L'ultima classificazione è quella che risulta più adatta qualora ci si ponga nella prospettiva di un ricercatore. In contrasto con quella relativa alla prospettiva delle autorità di controllo, tale visione è concentrata principalmente sul supporto teorico e sui metodi econometrici. La ricerca in tal senso ha lo scopo di sviluppare e successivamente applicare tecniche analitiche a problematiche di ordine economico e finanziario. Come risultato, la classificazione esposta nella TABELLA 1.4 differisce abbastanza da quelle precedenti. Nonostante nessuna delle quattro possa abbracciare tutte le caratteristiche rilevanti di tutte le misure di rischio proposte, e nonostante ci sia un'inevitabile sovrapposizione tra le stesse, la classificazione proposta di seguito può essere come detto più adatta agli scopi di ricerca, soprattutto per permettere

l'identificazione rapida di argomentazioni comuni, algoritmi e strutture di dati tra le diverse categorie. Le differenze principali tra questa classificazione e le altre tre derivano dal fatto che l'origine di eventi sistemici attraverso la storia sembra coincidere con le quattro "L" della crisi finanziaria di cui si è già discusso: Liquidity, Leverage,Losses,Linkages.

Non ci sarà ulteriore bisogno di descrivere le categorie che formano quest'ultimo raggruppamento in quanto, come detto, vi è necessariamente una sovrapposizione con quelle precedenti.

Systemic Risk Measure
Probability Distribution Measures:
Mahalanobis Distance
Multivariate Density Estimators
CoVaR
Co-Risk
Marginal and Systemic Expected Shortfall
Contingent-Claims and Default Measures:
The Default Intensity Model
Contingent Claims Analysis
The Option iPoD
Simulating the Housing Sector
Consumer Credit
Distressed Insurance Premium
Illiquidity Measures:
Mark-to-Market Accounting and Liquidity Pricing
Noise as Information for Illiquidity
Crowded Trades in Currency Funds
Equity Market Illiquidity
Serial Correlation and Illiquidity in Hedge Fund Returns
Broader Hedge-Fund-Based Systemic Risk Measures
Network Analysis Measures:
Network Analysis and Systemic Financial Linkages
Granger-Causality Networks
Bank Funding Risk and Shock Transmission
Principal Components Analysis
Macroeconomic Measures:
Costly Asset-Price Boom/Bust Cycles
Property-Price, Equity-Price, and Credit-Gap Indicators
Macroprudential Regulation
Simulating a Credit Scenario
Simulating a Credit-and-Funding-Shock Scenario
GDP Stress Tests
Lessons from the SCAP
A 10-by-10-by-10 Approach
Risk Topography
The Leverage Cycle

TABELLA 1.4: Classificazione delle misure del rischio sistemico in base agli scopi di ricerca *(Fonte: Bisias, Flood, Lo e Valavanis , "A survey of sistemic risck analytics", 2012)*

CAPITOLO 2

L'ORIGINE DEL RISCHIO SISTEMICO

2.1 Introduzione – 2.2 La natura del rischio sistemico - 2.2.1 Liquidità, Insolvenza e Maturity Mismatch - 2.2.2 Liquidità di finanziamento ed Effetto Domino - 2.2.3 Asset Price Effect e la Spirale delle Perdite - 2.2.4 La spirale del Margine - 2.2.5 Esternalità - 2.3 La recente crisi finanziaria del 2007-2009

2.1 INTRODUZIONE

Dopo aver cercato di chiarire i confini entro i quali ricade il concetto di rischio sistemico e dopo aver definito l'insieme dei possibili metodi proposti per la misurazione dello stesso, si analizzerà in questo capitolo quali sono i meccanismi che portano alla sua diffusione all'interno del sistema finanziario e alla crisi vera e propria.

Prima di inoltrarci oltre nel nostro studio è però necessaria una chiarificazione. Bisogna distinguere la situazione di "instabilità" finanziaria da quella di "sofferenza" (cioè crisi) finanziaria. Torna utile a tal fine lo studio di Borio e Drehmann (2009)[16]. Citando gli autori: "*We define financial distress as an event in which substantial losses at financial institutions and/or their failure cause, or threaten to cause, serious dislocations to the real economy. We define financial instability as a situation in which normal-sized shocks to the financial system are sufficient to produce financial distress, ie in which the financial system is "fragile". Financial stability is then the converse of financial instability".*

La *sofferenza* finanziaria è quindi definito come un evento in cui perdite significative nelle istituzioni e/o il loro fallimento provocano, o minacciano di provocare, seri disturbi all'economia reale. L'*instabilità* finanziaria è, invece, una situazione in cui shock di normale intensità al sistema finanziario sono sufficienti a provocare una crisi, cioè una situazione di fragilità generalizzata del sistema. Se quindi lo stato di stabilità/instabilità finanziaria è qualcosa che può essere considerato come una caratteristica del sistema, al contrario una situazione di crisi non lo è, in quanto deriva da un evento bene preciso. Il sistema può restare in condizioni di instabilità anche a lungo, senza che per forza si materializzi una crisi.

[16] Studio condotto per la BIS (Bank of International Settlements), working paper n°284

Importante è sicuramente il fatto che ad un sistema instabile basta uno shock di normale entità per generare una crisi, mentre se il sistema è stabile l'evento scatenante deve essere molto più intenso. Ecco perché la ricerca della stabilità del sistema, come abbiamo intravisto nel capitolo precedente, è fondamentale agli occhi di tutti: non perché eliminerebbe del tutto il rischio di una crisi finanziaria globale, ma perché la subordinerebbe al verificarsi di shock di grandissima intensità, che sono ovviamente meno probabili.

Detto ciò, bisogne porre ora l'attenzione sul come, a partire da un evento scatenante, si verifichi la diffusione del rischio sistemico e il conseguente collasso del sistema finanziario.

Ci si concentrerà a tal fine sulle quattro L delle crisi finanziarie (Leverage, Liquidity, Losses, Linkages), con particolare attenzione all'ultima delle quattro, cioè quella relativa ai collegamenti tra le istituzioni del sistema finanziario. Se infatti l'attenzione su Indebitamento, Liquidità e Perdite è sempre stata molto elevata, con la presenza di molti strumenti di misurazione specifici, l'importanza delle relazioni esistenti tra i soggetti del sistema finanziario è cresciuta solo negli ultimi anni. È proprio l'alto grado di connessione tra gli istituiti, infatti, che guida durante i periodi di forte sofferenza finanziaria la rapidissima propagazione di perdite, illiquidità, insolvenza e conseguenti default.

Questa forte correlazione tra le istituzioni finanziarie trova base sia nelle attività che nelle passività delle stesse. Per esempio collegamenti direttamente legati alle attività possono derivare dalle esposizioni tra banche acquisite sul mercato interbancario; indirettamente invece le istituzioni finanziarie sono legate per esempio per il fatto di avere simili esposizioni di portafoglio. Se pensiamo agli aspetti iscritti al passivo di bilancio di due banche, la connessione può invece essere legata alla condivisione dei medesimi soggetti depositanti.

A partire dalla crisi finanziaria del 2007-2009 quindi questa natura interconnessa dei mercati finanziari ha iniziato non solo ad essere offerta come una spiegazione della diffusione del rischio a livello sistemico[17], ma ha anche motivato la gran parte delle misure politiche intraprese dopo l'inizio della crisi.

[17] Si veda ad esempio PLANNER (2009) o il report della Financial Crisis Inquiry Commission (2011).

2.2 LA NATURA DEL RISCHIO SISTEMICO

Prima di procedere con lo studio dei collegamenti tra le diverse istituzioni è necessario però cercare di dare una risposta ad un quesito fondamentale: a da cosa origina il rischio sistemico? Quali sono cioè i fondamenti che portano alla creazione di fattori di rischio che poi sono estesi a tutte le istituzioni, fino a causare una crisi del sistema finanziario?

Il concetto più importante, del quale assolutamente non si può far a meno per comprendere a fondo le dinamiche del sistema finanziario, è quello di "*liquidità*". La nozione di liquidità risulta abbastanza vaga, in quanto include al suo interno molti aspetti diversi. Secondo Charles Goodhart (2008) *"The word liquidity has so many facets that is often counter-productive to use it without further and closer definition"*. È tuttavia unanimemente riconosciuto e compreso il ruolo fondamentale che essa gioca nel funzionamento del sistema finanziario, essendo un'entità con cui tutte le istituzioni che vi operano devono fare i conti, a partire dalle banche fino ad arrivare a tutti gli altri operatori finanziari.

Sebbene dunque in sede di questo studio la liquidità non abbia un ruolo di primo piano, non si può comunque prescindere da una breve analisi della sua funzione.

In letteratura classicamente ci si riferisce alla nozione di liquidità come alla capacità di un agente economico di scambiare la sua ricchezza esistente per avere in cambio altri beni e servizi o altri tipi di attività[18]. L'aspetto di maggior interesse che emerge è che la liquidità sia definibile attraverso il concetto di flusso: essa si riferisce all'abilità con cui gli agenti distribuisco i flussi all'interno del sistema finanziario. L'impossibilità che tale distribuzione avvenga in modo efficiente, dovuta soprattutto alle asimmetrie informative e all'esistenza di un mercato incompleto, fa si che le istituzioni finanziarie divengano illiquide.

Sulla base di questa definizione è possibile inoltre distinguere tre tipi principali di liquidità: la liquidità della Banca Centrale, la liquidità di finanziamento e la liquidità di mercato.

La Liquidità della Banca Centrale è l'abilità che quest'ultima ha di fornire la liquidità necessaria al sistema finanziario. Essa è in sostanza il flusso di offerta della base monetaria al sistema[19], cioè l'offerta di moneta nell'economia, e comprende la valuta (le banconote) in circolazione e le riserve bancarie della banca centrale. La liquidità fornita dalla banca centrale attraverso le sue operazioni, cioè le sue attività, dovrebbe bilanciare il deficit di liquidità del sistema, costituito dai fattori autonomi e dalle riserve (FIGURA 2.1)

[18] Questa affermazione è strettamente legata alla discussione di Williamson (2008) sui vincoli di liquidità, che secondo l'autore "influiscono sulla capacità di un agente economico di scambiare la sua ricchezza esistente per altri beni e servizi o per altre attività".

[19] Anche conosciuta come M0

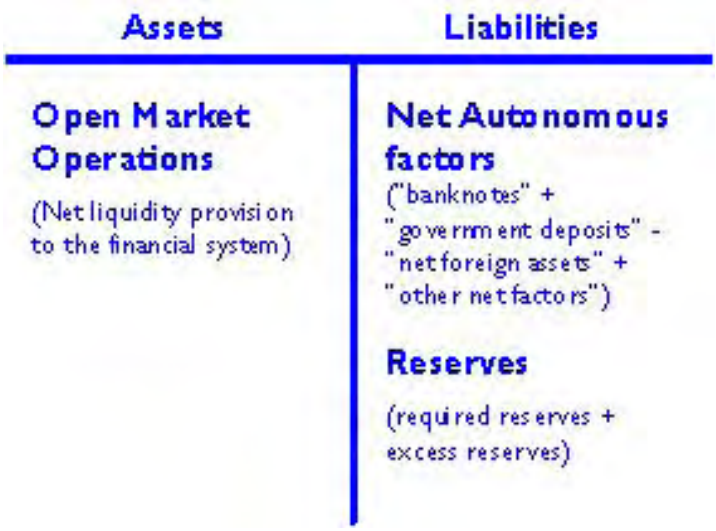


FIGURA 2.1: Raggruppamento semplificato delle voci di bilancio della Banca Centrale (*Fonte*: *Nikolaou K., "Liquidity risk concept definitions and interactions", European Central Bank, Working Paper Series no 1008/February 2009*).

Il secondo tipo di liquidità è la Liquidità di Finanziamento, la cui nozione è fornita direttamente dal Comitato di Basilea per la Vigilanza Bancaria, che la definisce come l'abilità delle banche di far fronte alle proprie passività, liquidare o fissare le proprie posizioni nel momento in cui risulta necessario (BIS, 2008). Anche il Fondo Monetario Internazionale fornisce una definizione in linea con questa, designando la liquidità di finanziamento come l'abilità di istituzioni solventi di far fronte in maniera tempestiva ad accordi di pagamenti. La liquidità di finanziamento inoltre può essere riferita anche dal punto di vista degli operatori finanziari[20] e degli investitori[21], e assume in tale prospettiva significato in relazione all'abilità degli stessi di ottenere finanziamenti, sotto forma di contanti o di capitale, in tempi brevi. Tornando al concetto di flusso quindi la liquidità di finanziamento è esprimibile in termini di vincoli di bilancio: un'entità (banche, aziende, investitori, operatori finanziari) sarà liquida finché i flussi in entrata sono maggiori o almeno uguali ai flussi in uscita. Riferendosi alle singole banche le fonti di liquidità, cioè quelle che garantiscono flussi in entrata, sono diverse. Prima di tutto i soggetti depositanti. In secondo luogo il mercato, dove la banca può vendere i propri beni oppure ottenere liquidità grazie alla cartolarizzazione o al mercato secondario dei prestiti[22]. Una banca può poi ottenere liquidità dal mercato interbancario, dove le banche possono scambiare tra loro prestiti a brevissimo termine (over-night) garantiti o non garantiti;

[20] Si veda BRUNNEMEIER E PEDERSEN, 2007
[21] Si veda STRAHAN, 2008
[22] Nel far ciò, inoltre, le banche creano anche liquidità di mercato, perché creano un mercato del credito con la banca *market maker* (STRAHAN, 2008)

questa è verosimilmente la fonte più importante di liquidità. Infine una banca può decidere di ottenere liquidità direttamente dalla banca centrale[23].

In ultimo, ma non meno importante, la Liquidità di Mercato. Dopo molte discussioni su questa entità, cominciate a partire da Keynes (1930), si è giunti recentemente a definirla come l'abilità di scambiare un bene in breve tempo, a costi contenuti e con un basso impatto sul prezzo del bene scambiato. Fernandez (1999) sostiene che il concetto di liquidità di mercato si basi su tre elementi chiave: il volume del bene oggetto dello scambio, il tempo necessario all'operazione e i costi di transazione Le caratteristiche di questo tipo di liquidità sono svariate. Innanzitutto c'è una covarianza positiva tra la liquidità di un singolo titolo e la liquidità complessiva di mercato, il che significa che le queste due variabili variano insieme e lo fanno nella stessa direzione (ad un aumento o diminuzione della liquidità di mercato, cioè, sarà associato un aumento o diminuzione della liquidità del singolo titolo, e viceversa). In più la liquidità è correlata tra i mercati, ossia tra i diversi titoli azionari e tra titoli e obbligazioni (CHORDIA ET AL., 2000, 2005). Infine, è stata argomentata l'esistenza di un fattore di liquidità globale di mercato (Stahel, 2005) e di una relazione negativa (positiva) tra la liquidità di mercato e il rendimento degli asset (ACHARYA e PEDERSEN, 2005).

Grande importanza assumono in particolare due forme specifiche di liquidità di mercato: quella del mercato interbancario, dove la liquidità è scambiata tra banche, e quella del mercato dei beni, dove i beni sono scambiati tra gli agenti finanziari. Questi due tipi di liquidità di mercato, come detto in precedenza, sono le principali fonti con cui una banca può ottenere liquidità al fine del finanziamento.

Questa breve trattazione riguardo le diverse forme di liquidità, sebbene non possa per ovvi motivi cogliere tutti gli aspetti e le complessità che governano la liquidità finanziaria, si ritiene tuttavia essere sufficiente a definire i fondamenti per procedere verso lo scopo di questo capitolo, cioè per tentare di capire da dove nasca il rischio sistemico. Di seguito quindi si cercherà di calare il concetto di liquidità all'interno delle dinamiche che governano il sistema finanziario, per cogliere come problemi di liquidità possano portare a problemi di insolvenza, e come shock relativamente piccoli possano asciugare molto rapidamente la liquidità, portando ad una situazione di instabilità globale e di possibile crisi finanziaria diffusa.

---

[23] Nel sistema europeo questo è possibile grazie alle operazioni di mercato aperto condotte dalla BCE. Si veda a tal proposito DREHMANN e NIKOLAOU, 2008

2.2.1 Liquidità, Insolvenza e Maturity Mismatch

I tre tipi di liquidità appena delineati, sebbene siano stati descritti separatamente, presentano in realtà forti connessioni. Come si vedrà tali legami, se in tempi normali possono promuovere un circolo virtuoso nella liquidità del sistema finanziario, garantendone un funzionamento armonioso, in periodi agitati possono invece fungere da canale di propagazione del rischio di liquidità, portando ad un circolo vizioso e alla possibile destabilizzazione del sistema finanziario globale.

Dal concetto di liquidità bisogna quindi muoversi verso il concetto di *rischio di liquidità*: questo può essere semplicemente descritto come la probabilità di non essere liquidi, cioè di non disporre della liquidità necessaria a far fronte ai propri impegni alla scadenza.

Tralasciando la liquidità relativa alla banca centrale, che per la letteratura risulta essere storicamente immune al rischio di liquidità in quanto sempre in grado di fornire base monetaria, vediamo brevemente in cosa si traduce questa probabilità con riguardo alle altre due forme di liquidità.

Il rischio di liquidità di finanziamento, in accordo con il Fondo Monetario Internazionale (2008), può essere visto come un concetto che esprime l'inabilità di un intermediario finanziario di far fronte alle passività al momento della scadenza. Tipicamente tale rischio dipende dalla disponibilità delle fonti di finanziamento analizzate in precedenza e dall'abilità di soddisfare i limiti di budget nell'orizzonte temporale di riferimento.

Per quanto concerne invece il rischio di liquidità di mercato esso è associato all'incapacità di negoziare un prezzo equo con immediatezza: questa è la componente sistematica, cioè non eliminabile con la diversificazione, del rischio di liquidità. Le conseguenze che derivano da tale definizione sono principalmente due. Innanzitutto ciò suggerisce l'esistenza di aspetti comuni nel rischio di liquidità tra i diversi mercati[24]. In secondo luogo tale rischio può essere espresso con un prezzo; tipicamente il rischio di liquidità di mercato può essere incluso nel meccanismo di valutazione del prezzo di un bene come un costo o un premio, che influenza il prezzo in maniera positiva[25], influenzando poi anche le decisioni e le pratiche di mercato (come ad esempio l'allocazione ottimale di un portafoglio o i costi di transazione). Ovviamente a rischi di liquidità di mercato elevati corrisponderanno premi per il rischio maggiori. Questo andamento del rischio di liquidità di mercato, cioè l'andamento del premio

[24] Si veda per esempio BRUNNEMEIER e PEDERSEN (2005, 2007) e CHORDIA ET AL. (2005).
[25] Si veda ancora CHORDIA ET AL. (2005) o ACHARYA E PEDERSEN (2005)

per il rischio, è stato materialmente documentato da Pastor e Staumbaugh (2003): in molti casi il rischio di liquidità è stabile ed è presente ad livello abbastanza contenuto, mentre sono rari gli episodi in cui esso è molto elevato. Tuttavia, se non adeguatamente controllato, questa categoria di rischio di liquidità può avere serie ripercussioni sul sistema finanziario, danneggiandone la stabilità, rendendo inefficiente l'allocazione delle risorse, fino al punto da condurre ad una crisi finanziaria generalizzata, con effetti anche sull'economia reale. Proprio per questa sua importanza è forse il tipo di rischio che per primo mette in allerta le autorità deputate all'implementazione delle politiche economiche e finanziarie.

In generale, comunque, problemi in termini di liquidità portano inevitabilmente al pericolo di insolvenza. Un'istituzione finanziaria è insolvente quando il valore delle sua attività non eccede il valore atteso delle passività. In tempi normali, quando i mercati finanziari sono più stabili, è abbastanza facile identificare le istituzioni finanziarie insolventi. Viceversa, nei periodi di più forte instabilità diventa più difficile, in quanto l'insolvenza diventa molto più confusa a causa degli estesi problemi di liquidità del sistema. I prezzi dei beni tendono a perdere il loro legame con i flussi di cassa stimati ed attesi, riflettendo piuttosto i prezzi che potrebbero essere ottenuti se il bene fosse venduto il giorno successivo a pochi investitori preparati a comprare quel bene a quel tempo (si allineano cioè al cosiddetto prezzo di liquidità[26]).

I meccanismi che spiegano come la liquidità possa dissolversi tanto improvvisamente operano attraverso l'interazione tra l'illiquidità di finanziamento dovuta ai cosiddetti Maturity Missmatches (discordanze delle scadenza) e l'illiquidità di mercato.

Finché le attività di un' istituzione finanziaria saldano il debito ogni volta che esso arriva a scadenza, l'istituzione non può soffrire di problemi di liquidità di finanziamento, anche se è fortemente indebitata. Ciò nonostante le istituzioni finanziarie hanno tipicamente una struttura di attivo-passivo che a scadenza è asimmetrica e per questo sono esposte al rischio di finanziamento. Una carenza nel finanziamento nasce quando è troppo costoso sia prendere in prestito altri fondi (bassa liquidità di finanziamento), sia vendere i propri beni (bassa liquidità di mercato). Quindi, le problematiche nascono solo nel caso in cui a la liquidità di finanziamento si prosciuga (per elevati tagli o per la contrazione dei prestiti) e la liquidità di mercato è compromessa (per i forti sconti sui prezzi dovuti alla svendita delle attività).

Se, come detto poc'anzi, la liquidità di finanziamento rappresenta la facilità con cui gli investitori ottengono fondi dai finanziatori, allora essa sarà elevata, e si dirà che i mercati

[26] La differenza può arrivare fino a più del 50% del valore del bene. Beni con tassi di insolvenza pari al 20% sono scambiati con un tasso di sconto dell'80% rispetto al prezzo reale.

sono "inondati" di liquidità, quando sarà molto facile ottenere tali fondi. È molto comune che quando un operatore finanziario indebitato (classicamente le banche, ma ad esempio anche un Hedge Fund) acquista un bene, esso utilizzi il bene acquisito come garanzia per prendere liquidità in prestito nel breve periodo. Ovviamente non potrà ottenere prestiti per il valore completo del bene: la differenza tra il prezzo del bene e il suo valore come garanzia, cioè il margine, deve essere finanziato con il patrimonio proprio dell'agente. Il margine di finanziamento è di breve termine fin quando esso può essere adeguato alle condizioni di mercato su base giornaliera.

Il rischio di liquidità di finanziamento deriva quindi dalle discordanze alla scadenza e può assumere tre diverse forme: (i) Rischio di margine/taglio del finanziamento, cioè il rischio che i margini e i tagli subiscano variazioni quantitative; (ii) Rischio di reinvestimento, cioè il rischio che sia più costoso, o addirittura impossibile, reinvestire i prestiti di breve termine; (iii) Rischio di riscatto, cioè il rischio che i depositanti di una banca, o addirittura gli azionisti, prelevino i fondi. Tutte queste tre forme del rischio di finanziamento diventano estremamente dannose quando il bene deve essere venduto esclusivamente a prezzo scontato, cioè quando la liquidità di mercato è bassa. Come illustrato questo scenario avviene quando vi sono delle difficoltà nel vendere un bene ad un prezzo che rispecchi ragionevolmente il suo valore, cioè quando la vendita deprezza il bene.

È chiaro che il livello della liquidità di mercato e della liquidità di finanziamento non è esogeno, ma si forma internamente al sistema finanziario, con la conseguente possibilità che nascano degli effetti di feedback fortemente negativi.

2.2.2 Liquidità di finanziamento ed Effetto Domino

Dopo quanto esposto si potrebbe logicamente pensare che assicurare la corretta operatività delle singole istituzioni finanziarie sia il primo passo per migliorare anche il funzionamento del sistema nel suo complesso. Nonostante tale assunto sia certamente lapalissiano, è tuttavia possibile che il tentativo di una singola istituzione finanziaria di rimanere in condizioni di solvibilità spinga il sistema al collasso.

Per capirlo si guardi alla FIGURA 2.2. La Banca 1 ha richiesto un prestito alla Banca 2; quest'ultima, oltre al prestito fornito, ha altre attività. Si supponga che in queste altre attività essa subisca delle perdite, ma che il merito creditizio della Banca 1 resti inalterato. Le perdite subite dalla Banca 2 hanno intaccato il suo capitale: in risposta a questo shock una scelta

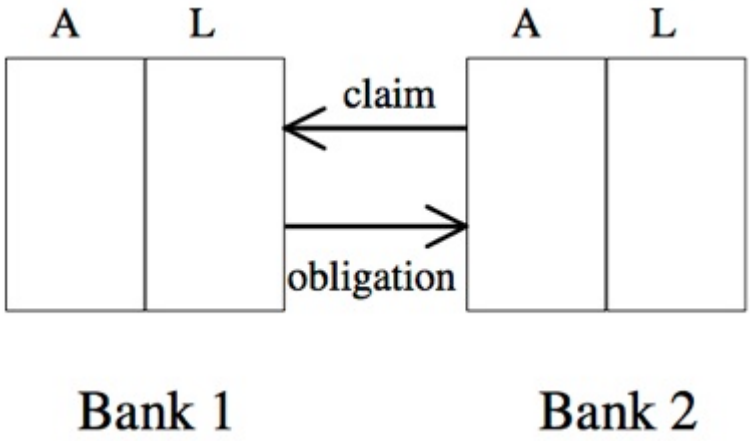


FIGURA 2.2: Semplice esempio di relazione tra due banche (Fonte: "*The Fundamental Principles of Financial Regulation", Geneva Reports on the World Economy 11, Preliminary Conference Draft, 2009)*

prudente sarebbe quella di ridurre la sua esposizione complessiva, in modo che il suo portafoglio di attività sia ricondotto ad una dimensione che possa essere gestita senza difficoltà con un capitale proprio minore.

Una delle soluzioni per non incorrere in problemi di solvibilità sarà quindi quella di ridurre l'ammontare complessivo dei suoi prestiti, compreso quello verso la Banca 1: in tal modo essa ridurrebbe la sua esposizione al rischio. Questo tuttavia, nella prospettiva della Banca 1, si traduce in un prelievo di fondi, che la costringerebbe, nonostante la possibilità di trovare fonti di finanziamento alternative, a ridurre a sua volta le attività possedute, o cartolarizzando il suo credito, o vendendo i beni negoziabili.

Nel caso in cui si verificassero contemporaneamente l'inesistenza di canali di finanziamento alternativi per la Banca 1, una riduzione del prestito da parte della banca 2 abbastanza severa, e l'impossibilità da parte della Banca 1 di vendere i beni illiquidi se non con uno sconto importante, allora la contrazione del credito da parte della Banca 2 potrebbe assumere per la Banca 1 i connotati di una corsa al prelevamento. Questo, come vedremo successivamente, è quanto successo per esempio alla Bear Stearns e alla Lehman Brothers.

Per meglio esplicare come tale meccanismo possa, in condizioni di particolare instabilità, propagarsi a tutto il sistema si consideri la sottostante FIGURA 2.3. In questo caso la Banca A ottiene un prestito dalla Banca B, la Banca B prende un prestito dalla banca C, e così via. Si consideri il caso in cui la Banca A subisce uno shock e va in default: questo si ripercuoterà, per i motivi sopra illustrati, sulla Banca B, che inevitabilmente subirà delle perdite. Se tali perdite sono abbastanza elevate da assorbire il suo capitale, anche B andrà in default. La Banca C subirà a sua volta un duro colpo e se le sue perdite non sono coperte dal capitale

proprio essa stessa andrebbe in default. Gli stessi effetti si estenderebbero lungo la catena, dando vita al cosiddetto Effetto Domino che è alla base della *"Teoria del contagio finanziario"*.

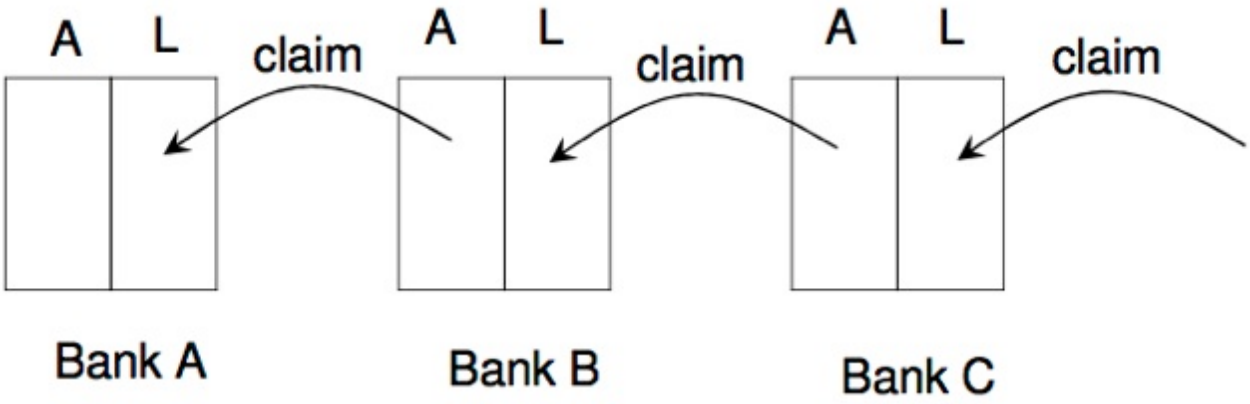


FIGURA 2.3: Rappresentazione dell' Effetto Domino (Fonte: *"The Fundamental Principles of Financial Regulation", Geneva Reports on the World Economy 11, Preliminary Conference Draft, 2009)*

La definizione di contagio è mutuata direttamente dall'ambito scientifico: "Il contagio è il meccanismo per mezzo del quale gli agenti infettivi vengono trasmessi da una fonte di infezione a un soggetto recettivo[27]". In ambito finanziario quindi l'agente infettivo sarà lo shock iniziale, la fonte d'infezione sarà la prima istituzione colpita e il soggetto recettore quella seguente sulla catena. L'inter-dipendenza tra le istituzioni della catena finanziaria può essere dovuta a sistemi di pagamento (si veda COHEN e ROBERDS, 1993) o, più frequentemente, a prestiti diretti (si veda ROCHET e TIROLE, 1996). Questo legame va a costituire il cosiddetto *"rischio di controparte"*, che come vedremo assume un ruolo chiave nelle Network Theories.

Dal punto di vista letterario molti studi sono stati condotti sul meccanismo del contagio e ciò che ne emerge è come in realtà il suo impatto non sia necessariamente così forte. Solo con uno shock molto forte e in condizioni di instabilità generalizzata del sistema l' effetto domino ha conseguenze di ampia portata. Questo in quanto, come si può naturalmente capire, le istituzioni finanziarie che entrano in una potenziale catena di default non restano inermi, ma reagiscono. Inoltre, come ampiamente descritto nel precedente capitolo di questo studio, i

[27] Vocabolario Treccani

metodi di previsione e risposta a shock con potenziale sistemico sono in continua elaborazione e aggiornamento, quindi sebbene essi non possano pretendere di eliminare del tutto il rischio di contagio, forniscono comunque degli strumenti per cercare di mitigare tale rischio e, per quanto possibile, di reagire al meccanismo di propagazione dei fallimenti.

2.2.3 Asset Price Effect e la Spirale delle Perdite

L'effetto domino non è tuttavia strettamente necessario a generare il contagio.
Il meccanismo di propagazione testé descritto, infatti, non considera in maniera adeguata la variabilità dei prezzi di mercato e come tale variabilità possa avere effetti sul comportamento dei partecipanti al mercato finanziario. Tali cambiamenti nei prezzi possono invece essere una condizione sufficiente alla creazione di un contagio. Le fluttuazioni comportano perdite che possono essere sufficienti a trasmettere gli shock alle altre istituzioni, anche quando esse non sono direttamente legate da prestiti diretto.
Le perdite peggiorano la possibilità di reperire finanziamenti per molte istituzioni finanziarie, costringendole a vendere ancora più beni; questo, a sua volta, fa scendere ulteriormente i prezzi di mercato e incrementa le perdite, e così via. L'effetto è quindi la creazione di una "spirale delle perdite", da cui deriva una brusca amplificazione dei movimenti dei prezzi, soprattutto in tempo di crisi finanziaria.
Il meccanismo è ben comprensibile con l'ausilio della FIGURA 2.4. Si consideri la caduta nel prezzo di un bene di un' istituzione, tipicamente un'attività posseduta da una banca o da un hedge fund. Il valore netto di un'istituzione di questo tipo decresce più rapidamente rispetto al tasso con cui decresce il valore del bene in oggetto: questo provocherà come effetto diretto un' erosione del cuscino formato dal capitale proprio, cioè di quella parte di patrimonio netto adibita in casi di necessità alla copertura delle perdite.
La manifestazione di questi effetti sarà quindi a livello dei valori specifici del bilancio, che appariranno più deboli.

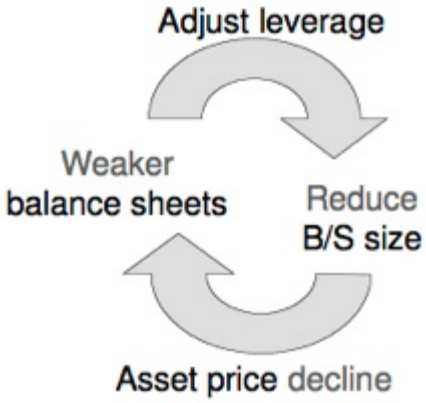


FIGURA 2.4: La spirale delle perdite (Fonte: "*The Fundamental Principles of Financial Regulation", Geneva Reports on the World Economy 11, Preliminary Conference Draft, 2009)*

Una delle soluzioni a disposizione dell'istituzione per poter reintegrare questo cuscino di capitale proprio è quella di vendere parte dei suoi beni, in modo da ottenere liquidità e saldare in parte il debito creato dal declino dei prezzi. Questo porta ad una riduzione delle attività ascritte a bilancio, che porta a sua volta ad una minor domanda dei beni, e quindi ad un'ulteriore caduta dei prezzi. Si innesca così la spirale delle perdite, i cui effetti sono ulteriormente amplificati nel caso in cui si verifichi il fallimento, perché i feedback negativi si ripercuotono nelle valutazioni di mercato, aumentando la possibilità di un coinvolgimento sistemico.

Esempio concreto di questo processo è quello della crisi che ha coinvolto le compagnie assicurative del ramo vita in Europa nel 2002. Quando i prezzi delle azioni sono fortemente calati, le compagnie assicurative hanno iniziato a vendere le azioni, in modo da ridurre l'esposizione alle perdite. Tuttavia questa vendita su larga scala ha avuto come unico effetto quello di abbassare ulteriormente i prezzi, rendendo i vincoli ancora maggiori. Questo ha generato un'ulteriore ondata di vendite e l'inizio di un nuovo circolo vizioso.

Tale meccanismo ciclico funziona in maniera speculare nel caso di una crescita dei prezzi, dovuta per esempio all'aumento della domanda. La FIGURA 2.5 mostra come in questo caso ci sia il potenziale affinché si inneschi un circolo virtuoso, che a partire da valori di bilancio più forti porta ad ulteriore aumento della domanda, che fa alzare i prezzi e ottenere maggior liquidità, e così via.

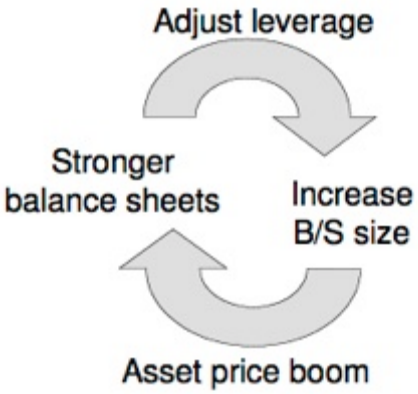


FIGURA 2.5: Il possibile circolo virtuoso della liquidità (Fonte: *"The Fundamental Principles of Financial Regulation", Geneva Reports on the World Economy 11, Preliminary Conference Draft, 2009)*

L'effetto domino da solo quindi risulta incompleto e non è sufficiente a comprendere il meccanismo del contagio nei moderni mercati che poggiano fortemente sui sistemi finanziari. Per cercare di cogliere gli eventi della crisi globale della liquidità e la contrazione del credito che ha caratterizzato la recente crisi finanziaria non si può infatti prescindere dallo studio delle reazioni delle istituzioni alle fluttuazioni dei prezzi, e da come queste abbiano influenzato l'evoluzione del rischio sistemico. Con lo sviluppo del mercato dei capitali, in cui tutte le istituzioni sono ormai integrate, sono emerse molte nuove forme di finanziamento, che sostituiscono o affiancano quelle storiche ormai insufficienti a soddisfare l'incredibile espansione dei prestiti (ad esempio il deposito al dettaglio nelle banche); proprio per questa emergente complessità sono ormai le condizioni dei mercati finanziari che dettano i presupposti al finanziamento, condizionando direttamente la liquidità e l'esposizione al rischio.

2.2.4 La spirale del Margine

La spirale delle perdite, tuttavia, non è esclusivamente dovuta all'effetto delle fluttuazioni dei prezzi dei suoi beni sul mercato. Un altro elemento che entra in gioco è la cosiddetta *"spirale del margine"* (anche detta spirale del taglio), che rinforza l'effetto della spirale delle perdite in quanto costringe le istituzioni finanziarie a ridurre il loro tasso di indebitamento. In particolare, se le perdite subite ammontano a X, essa dovrà tendenzialmente ridurre il proprio grado di indebitamento di X volte. I margini quindi determinano implicitamente il massimo grado d'indebitamento che un'istituzione può sopportare.

L'entità dei margini adottati si impenna nei periodi di forte depressione dei prezzi sui mercati e conducono così ad una progressiva e generalizzata restrizione dei finanziamenti. Secondo Brunnermeier e Pedersen (2009) vi è la creazione di un circolo vizioso, in cui margini e tagli più elevati costringono ad un abbattimento dell'indebitamento e a ulteriori vendite di beni, il che aumenta ulteriormente i margini e forza ancora di più le vendite, come descritto dalla FIGURA 2.6.

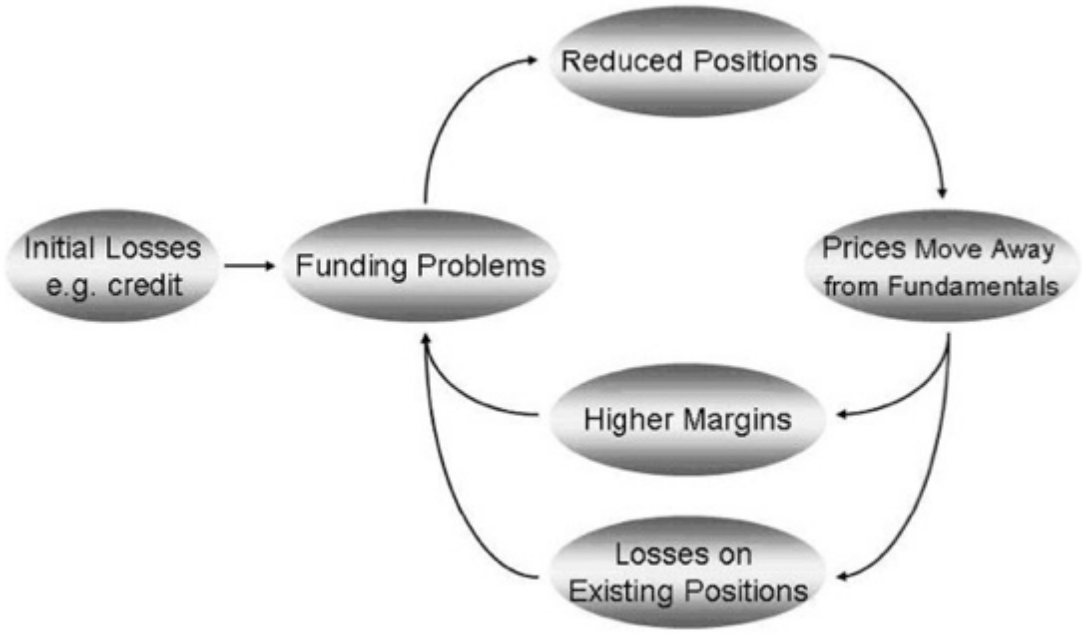


FIGURA 2.6: La spirale del Margine (Fonte: "*The Fundamental Principles of Financial Regulation", Geneva Reports on the World Economy 11, Preliminary Conference Draft, 2009)*

Quando il prezzo dei beni cade si ha un incremento nelle misure di rischio (per esempio il già citato Valore al Rischio), il che porta non solo a margini di aggiustamento più alti e a maggiori costi di finanziamento esterno, ma riducono anche il desiderio di sopportare il rischio da parte delle banche. Gli organi di gestione del rischio costringono gli operatori di mercato a diminuire l'indebitamento delle loro posizioni. Ma quando molti operatoti abbattono l'indebitamento in un contesto instabile, la liquidità evapora in maniere drastica[28].
Gli effetti della spirale delle perdite e della spirale dei margini/tagli coesistono, amplificando il processo di default dell'istituzione e anche l'eventuale propagazione delle conseguenze a

[28] Si veda *"Liquidity Black Holes",* A. PERSAUD, 2002, Wider Discussion Paper No 31

livello sistemico. Durante il declino entrambi i meccanismi spingono gli investitori indebitati a sciogliere le loro posizioni, causando maggiori perdite e margini più elevati, restringendo così gli standard relativi alla concessione del credito, che a loro volta incrementano i problemi di finanziamento. Entrambe le spirali guidano così al processo pro-ciclico descritto dalla figura precedente.

Una manifestazione pratica della spirale del margine può essere documentata con riferimento alla situazione delle banche d'investimento americane nel 2007[29]. Il grafico in FIGURA 2.7 rappresenta il diagramma di dispersione costruito plottando, rispettivamente in ascissa e in ordinata, la media pesata dell'indebitamento e del valore totale delle azioni, osservati su base trimestrale, delle cinque maggiori banche d'investimento dell'epoca (Bear Stearns, Goldman Sachs, Lehman Brothers, Merrill Lynch e Morgan Stanley).

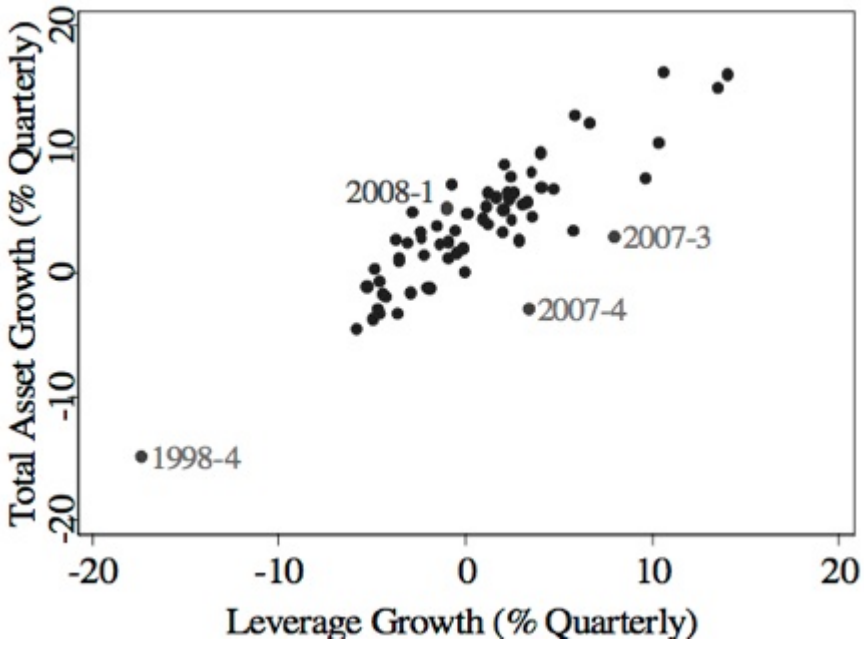


FIGURA 2.7: Diagramma di dispersione costruito plottando, rispettivamente in ascissa e in ordinata, la media pesata dell'indebitamento e del valore totale delle azioni, osservati su base trimestrale, delle cinque maggiori banche d'investimento dell'epoca (Bear Stearns, Goldman Sachs, Lehman Brothers, Merrill Lynch e Morgan Stanley).

Fonte*: SEC; Adrian and Shin (2007)*

[29] ADRIAN e SHIN (2007), *"Liquidity and Leverage"*, Journal of Financial Intermediation.

L'analisi di questo grafico permette di capire meglio le dinamiche delle decisioni finanziarie degli intermediari. L'ipotetica bisettrice del quadrante (quindi la retta che parte dall'origine degli assi con un angolo di 45° rispetto agli assi cartesiani) indica la serie di punti in cui il valore dell' equity resta invariato. Al di sopra della linea vi è un incremento dell'equity, al di sotto c'è invece una diminuzione. Ogni retta con pendenza uguale a 1 indica una crescita costante dell'equity, e la sua intercetta sarà pari al tasso di crescita del capitale proprio.
Nel diagramma di dispersione in figura 7 la pendenza è molto vicina a 1, il che implica che l'equity cresce mediamente ad un tasso costante. Pertanto, l'equity sembra avere il ruolo della variabile determinate, e ogni aggiustamento del tasso d'indebitamento avviene attraverso l'espansione e la contrazione di bilancio, piuttosto che attraverso l'incremento o la retribuzione del capitale proprio. Il grafico dunque evidenzia come la spirale delle perdite e quella dei margini si rafforzino a vicenda. La pro-ciclicità dell' indebitamento fa si che la risposta delle curve di domanda e di offerta alla variazione nel prezzo dei beni possa amplificare lo shock iniziale. Si consideri ad esempio un aumento nel prezzo delle attività detenute da operatori di mercato e intermediari con un certo livello di indebitamento. L'aumento del prezzo rafforza i bilanci degli attori considerati, perché il valore netto di un soggetto indebitato cresce al crescere della proporzione delle sue attività totali. Quando la posizione di quel soggetto si rafforza, l'indebitamento automaticamente scende. Dal momento che gli intermediari vogliono evitare di possedere un' equity troppo elevato (per esempio perché il tasso di retribuzione del capitale proprio diventa troppo basso), tenteranno di ripristinare l'indebitamento. Uno dei modi per farlo sarà quello di prendere a prestito più capitale esterno, e di usare i profitti per ulteriori attività (per esempio azioni) uguali a quelle già possedute.
Nel complesso comunque ottenere nuovi capitali o diminuire il volume di attività implica degli aggiustamenti anche per chi concede il credito. Se procurarsi capitale è notoriamente difficile in condizione di mercati depressi, vendere beni non è molto più facile. Quanto detto finora, infatti, evidenzia come chi concede credito tenda ad aggiustare il grado d'indebitamento inizialmente intervenendo sulla dimensione di bilancio, lasciando il valore dell'equity invariato, e solo successivamente attraverso azioni dirette sul valore del capitale proprio.

2.2.5 Esternalità

Un ultimo accenno per quanta riguarda il fondamento del rischio sistemico riguarda le cosiddette esternalità, che giocano un ruolo chiave nella diffusione del rischio a livello globale e, di conseguenza, nelle considerazioni cardine del processo di regolamentazione. La presenza di una spirale della liquidità infatti non giustifica di per sé un intervento governativo, per questo il concetto di esternalità è stato largamente studiato e approfondito. In economia, il termine esternalità indica le ripercussioni, positive o negative, che il comportamento di un soggetto provocano sul benessere di un altro (o di altri soggetti).

In questo caso si considereranno le esternalità negative che entrano nelle dinamiche finanziarie della crescita del rischio sistemico. In particolare, vi sono quattro ragioni principali che portano a queste conseguenze negative.

La prima è dovuta al cosiddetto "contagio informativo", cioè alla diffusione rapida e generalizzata di informazioni, che avviene soprattutto in contesti in cui operano intermediari finanziari con forti asimmetrie nelle scadenze tra attività e passività. Come visto in precedenza, se la Banca A fallisce, questo porta alla formazione di dubbi sulla capacità di solvenza della banca B, che per caratteristiche è fondamentalmente percepita alla stregua di A. Quindi i depositanti di B perdono fiducia, prelevano i loro fondi e causano problemi di liquidità alla banca B, rendendone la capacità di essere solvente ancora più a rischio. Con riferimento alla crisi del 2007-2009, questo si è verificato quando il fallimento di Lehman Brothers ha rapidamente portato alla fine del modello americano dei titoli immobiliari (forzando Merril Lynch ad una fusione con la Bank of America, e portando alla trasformazione di Goldman Sachs e Morgan Stanley in semplici banche). Questo indica come, sebbene la dimensione delle istituzioni che vengono colpite dallo shock giochi un ruolo importante nella diffusione delle informazioni negative, esso non è l'unica determinante. Se la banca che fallisce è percepita essere simile alle altre, e la cause del suo default potrebbero essere applicate anche ad esse, allora il contagio avrà luogo. Se, invece, la banca è vista come unica nel suo genere, o le cause che ne provocano il fallimento sono abbastanza specifiche per quella singola banca, allora le possibilità di contagio informativo sono minori.

La seconda esternalità, che deriva direttamente dalla prima, è la grande difficoltà di accesso al credito che incontreranno nel futuro i clienti della banca inizialmente fallita. Infatti, sebbene essi possano benissimo rivolgersi alla banca B per ottenere dei finanziamenti, quest'ultima avrà poche informazioni su quei clienti; questo, soprattutto in periodi di forte paura di fallimento, porterà a condizioni e modalità di credito molto più rigide. Il fallimento di una

banca quindi causa un'esternalità negativa legata alla perdita di informazioni specifiche sui collegamenti tra la banca fallita e i suoi clienti.

La terza esternalità è legata al fatto che le banche e gli intermediari finanziari commerciano molto più tra loro stessi rispetto a quanto fanno altri tipi di istituzioni. Queste interazioni si riferiscono non solo al mercato interbancario propriamente detto, ma anche ad un sempre più ricco range di mercati derivati, che include garanzie, CDS (Credit Default Swap), servizi di brokeraggio, etc. La complessità di questi legami non fa che aumentare la possibilità che il rischio colpisca a livello sistemico.

Infine l'ultima esternalità. Al posto di vendere attività finanziarie per riguadagnare liquidità, e migliorare il rapporto di capitale, una banca, o un intermediario finanziario, può cercare di restringere la nuova estensione del credito, per esempio razionandolo con elevati margini/tagli o alzando i tassi d'interesse applicati per l'erogazione del finanziamento. Questo riassetto del debito, tramite restrizione del credito, avrà l'effetto generale di abbassare gli output e i prezzi, che si parli di merci, servizi o altri beni nell'economia. Ciò, a sua volta, farà aumentare la probabilità di default per tutti gli altri soggetti che prendono a prestito. Si forma quindi un'ulteriore spirale auto amplificante, per cui la restrizione del credito indebolisce l'economia, il che porta a maggiori default e al declino dei prezzi dei beni, che a loro volta causano ancora più restrizione del credito.

Concludendo, se ci poniamo in una prospettiva di benessere sociale, si può quindi pensare che le istituzioni finanziarie si espongano eccessivamente al rischio di cadere in una spirale di liquidità, perché mantengono posizioni di indebitamento elevato, che sono tipicamente caratterizzate da eccessive asimmetrie alla scadenza tra attività e passività. Le esternalità trattate, che portano le istituzione ad essere esposte ad un eccesso di rischio, possono in quest'ottica essere raggruppate in due categorie principali: le "esternalità da svendita" e le "esternalità da interconnessioni".

Le "esternalità da svendita" nascono nel momento in cui le singole istituzioni non assegnano abbastanza importanza all'impatto che il prezzo di svendita avrà sui prezzi dei beni in una possibile contrazione futura della liquidità. Pertanto, tali prezzi applicati da alcune istituzioni escono dal loro confine e hanno effetti negativi sui bilanci degli altri attori di mercato, causando un'esternalità negativa.

In generale, comunque, un'istituzione finanziaria non è preoccupata di quante altre istituzioni trascinerà con sé nel caso di fallimento. Sarà specialmente il fallimento di istituzioni di grandi dimensioni, con molte interconnessioni, che porterà alla diffusione di questo eccessivo rischio

di conseguenze negative sugli altri. Inoltre una struttura di mercato non trasparente, come per esempio è quella dei mercati over-the counter (OTC), amplificherà questi effetti[30].
Ma quello che forse più di ogni altra cosa peggiora la situazione, è che la potenziale prospettiva di un salvataggio governativo dà alle istituzioni l'incentivo a diventare "troppo grandi per fallire" o, meglio, "troppo interconnesse per fallire". Più grande è un'istituzione, più connessa è con le altre, maggiore sarà la probabilità che in tempo di crisi essa venga salvata. Quindi, in parole chiare, il sistema attuale implicitamente sussidia le istituzioni che sono la fonte maggiore di esternalità negative.

2.3 LA CRISI FINANZIARIA DEL 2007-2009

Ogni considerazione fatta fin ora ha permesso dunque di cogliere gli aspetti profondi che guidano il funzionamento del sistema finanziario, e a porre le basi per comprendere alcune delle componenti del rischio sistemico. Si cercherà adesso di evidenziare come tutto ciò si è tradotto concretamente nel dispiegarsi della crisi sistemica che ha colpito i mercati finanziari a livello globale nel 2007-2009.
Per poter capire la serie di avvenimenti che ha fatto piombare l'economia mondiale in questo profondo stato di difficoltà, causando gli effetti devastanti sull'economia reale che si trascinano ancora oggi, bisogna partire da un'analisi che affonda le sue radici nel tempo.
Tra la fine degli anni '90 e i primi anni del 2000 l'economia americana ha conosciuto un periodo di forte crescita (alla fine del 2000 tale crescita aveva toccato quota 39 semestri consecutivi), e il mercato immobiliare era a sua volta molto solido. Tra il 1995 e il 2000 i prezzi sono cresciuti ad un tasso medio annuale di 5.2% , che nei cinque anni successivi avrebbe toccato quota 11.5%.
Una delle ragioni di tale crescita è sicuramente adducibile al forte calo dei tassi d'interesse sui mutui; altro motivo è certamente stato la crescita della facilità di accesso al credito per i mutui per tutti quei soggetti che tradizionalmente ne erano stati esclusi, tipicamente i possessori di prestiti subprime. Tali tipi di prestito sono quelli concessi ad un soggetto che non può accedere ai tassi d'interesse di mercato, in quanto ha avuto pregressi problemi nella sua storia di debitore; sono, pertanto, dei prestiti rischiosi, sia per i creditori che per i debitori. Alla fine

[30] Si veda per esempio "*Deciphering the Liquidity and Credit Crunch"*, BRUNNERMEIER (2009), Journal of Economic Perspective 27(1).

degli anni ’90 quindi i concessori di prestiti subprime, per esempio la Household Finance Corp. (HSBC Financial), le banche e le compagnie assicuratrici degli Stati Uniti, hanno iniziato a concedere finanziamenti nel mercato immobiliare, spesso secondi mutui, a prenditori che non avevano il merito creditizio per ottenerli, applicando un tasso di interesse più elevato che rifletteva il maggior rischio di insolvenza di tali soggetti.

Questa rafforzata facilità di accesso al credito ha prodotto come effetto diretto un incremento nella liquidità: molte famiglie hanno iniziato a prendere in prestito e a spendere al di sopra delle proprie abitudini. Ma più di tutto, questo processo ha portato a un incremento incredibile nelle proprietà immobiliari, e per molti anche alla possibilità di speculazione sui mercati immobiliari.

Con la crescita dei prezzi degli immobili, i proprietari con grossi capitali hanno iniziato a sentirsi finanziariamente più sicuri, e hanno iniziato a risparmiare sempre meno. Altri invece hanno osato ancora di più, prendendo in prestito a fronte del capitale. L’effetto è stato la creazione di un debito senza precedenti: tra il 2001 e il 2007, il debito relativo a mutui è raddoppiato a livello nazionale. Il debito dei possessori di immobili è salito dall’ 80% del reddito disponibile per persona, a quasi il 130% entro la metà del 2006. La maggior parte di questo debito era legato a un mutuo, fosse per l’acquisto di una nuova proprietà o per il rifinanziamento di vecchi immobili.

Il credito per i mutui è diventato più accessibile quando i prestatori di subprime hanno iniziato a crescere nuovamente dopo che i più grandi istituti di prestiti subprime erano falliti o erano stati acquisiti, tra il 1998 e il 1999. Nel 2000 Citigroup, la più grande banca degli Stati Uniti con attività per 800 miliardi, è entrata nel settore acquistando per 31.1 miliardi di dollari l’Associate First Capital Corp., il secondo maggiore istituto di prestiti subprime.

Nel 2001 tuttavia l’economia stava rallentando, quindi per stimolare la spesa e l’erogazione del credito la Fed[31] (Federal Reserve, la banca centrale degli Stati Uniti), ha abbassato aggressivamente i tassi d’interesse a breve termine. Il 3 Gennaio 2001 ha tagliato il Federal Funds Rate [32] di mezzo punto percentuale, rispetto al più consueto taglio di un quarto di punto. Più tardi nello stesso mese, la commissione ha tagliato il tasso di un altro mezzo punto, e durante l’anno ha continuato a tagliarlo (in tutto 11 volte), fino a farlo passare alla quota dell’ 1.75%, il valore più basso negli ultimi quarant’anni (si veda la sottostante FIGURA 2.8).

[31] In particolare l’intervento è stato deciso attraverso la Federal Open Market Committee

[32] Tale tasso è quello a cui le istituzioni di deposito degli Stati Uniti, come le banche, commerciano tra loro i saldi detenuti dalla Federal Reserve, di solito da un giorno all’altro e senza l’inclusione di garanzie.

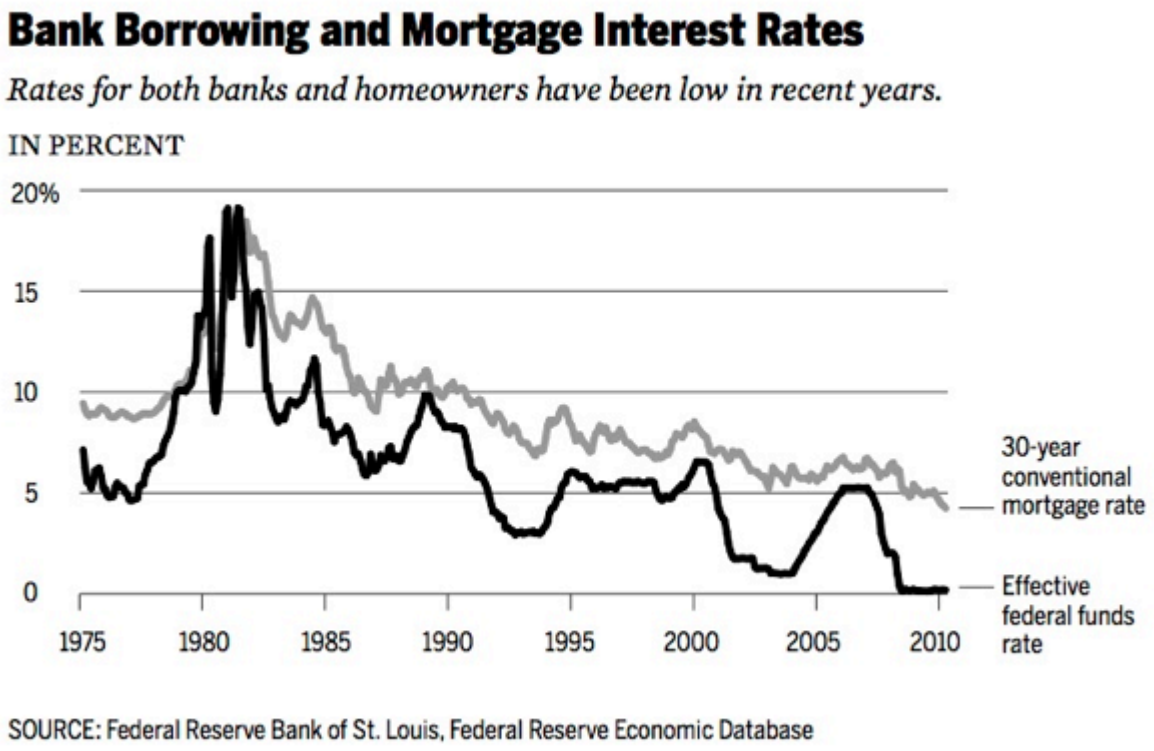


FIGURA 2.8: Andamento del tasso d'interesse percentuale negli Stati Uniti sui prestiti bancari e sui mutui dal 1975 al 2010 *(*Fonte*: The Financial Crisis Inquiry Report, Final Report Of The National Commission On The Causes Of The Financial And Economic Crisis In The United States, 2011)*

Alla fine quindi, la recessione del 2001 fu nel complesso debole, con una durata di solo otto mesi, da Marzo a Novembre, e con una diminuzione del GDP (Gross Domestic Product, cioè il PIL) di appena lo 0.3%.

Con la recessione alle spalle e i tassi sui mutui assistiti da garanzie reali al minimo negli ultimi quarant'anni, il mercato immobiliare è tornato a crescere nuovamente. In stati come la California o la Florida, dove la bolla è nata velocemente, una nuova ondata di costruzioni è velocemente partita. Tra il 2002 e il 2005 la costruzione residenziale ha contribuito all'economia tre volte tanto rispetto alla sua media del 2009. A differenza di altre bolle, questa ha avuto uno sviluppo straordinario perché ha coinvolto non beni accessori, ma uno dei mattoni fondamentali della comunità e della vita sociale, nonché una componente importante per l'economia, cioè la casa delle famiglie. Per questo quando la Fed ha tagliato tassi d'interesse e i costi dei mutui sono crollati, il finanziamento per l'acquisto di proprietà immobiliari è schizzato alle stelle, passando da 460 miliardi di $ nel 2000 a 2.8 trilioni nel 2003, permettendo alle persone di prelevare i capitali costruiti nei decenni precedenti e di

spendere di più, nonostante l'immobilità degli stipendi. I volumi di vendita delle case hanno iniziato a crescere, e la media nazionale dei prezzi di queste è decollata, crescendo del 67% in otto anni, fino a registrare il massimo storico di 227100 $ nel 2006[33] (FIGURA 2.9). Incoraggiate dalle politiche governative, le proprietà immobiliari hanno raggiunto un record di 69.9% nella primavera del 2004. Rifinanziando le loro case gli americani hanno estratto 2 trilioni di patrimonio tra il 2000 e il 2007. Gli speculatori del mercato del Real Estate (cioè dell'economia immobiliare) e i potenziali proprietari facevano la fila davanti ai nuovi cantieri per poter avere la possibilità di acquistare le case prima degli altri. Alla fine del 2005, più di una su dieci case era stata venduta a investitori, speculatori, o soggetti che già possedevano una proprietà.

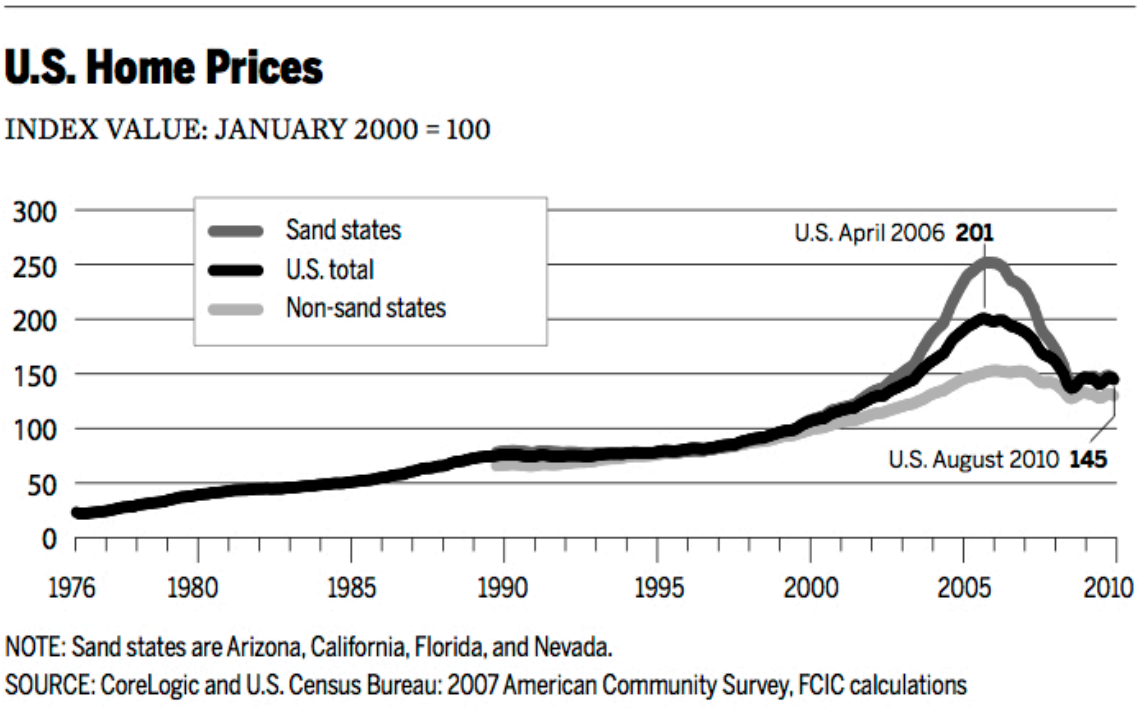


FIGURA 2.9: Media nazionale dei prezzi degli immobili negli Stati Uniti tra il 1976 e il 2010 (Fonte*: The Financial Crisis Inquiry Report, Final Report Of The National Commission On The Causes Of The Financial And Economic Crisis In The United States, 2011)*

[33] Questo perché in determinate aree i prezzi hanno raggiungi prezzi altissimi, per esempio Miami, Keywest, Ft, Lauderdale, Los Angeles, San Diego, West Palm Beach, etc.

Ma quali sono, nel concreto, i meccanismi che hanno fatto esplodere e diffondere il rischio sistemico insito nel circuito della finanza americana, fino al conseguente sviluppo della crisi generalizzata di cui siamo stati, e siamo ancora, vittime?

Punto fondamentale da tenere in considerazione è che i mutui subprime erano sostanzialmente dei mutui ipotecari, cioè mutui a cui veniva applicata come garanzia, dato il pericolo di insolvenza dei debitori, un bene reale costituito dallo stesso immobile oggetto per cui era stato concesso il mutuo. L'erogazione di garanzie sui mutui è fortemente incrementata a partire dagli anni '80. All'epoca le due principali società a ciò deputate, la Fannie Mae e la Freddie Mac[34], hanno iniziato ad assicurare, oltre ai mutui tradizionali, anche molti altri tipi di mutuo, tra cui gli "adjustable-rate mortgages" (ARMs)[35] e altri mutui che le compagnie non avrebbero potuto o voluto acquistare.

Gli strumenti di garanzia sui mutui hanno iniziato quindi ad essere molto diffusi e sempre più complessi e negli anni '90, con il boom del mercato immobiliare, le maggiori istituzioni finanziarie attive sul mercato hanno necessariamente destinato grandissime risorse alla garanzia dei mutui. E molti di essi erano subprime. Come si evince dalla Figura 10, la generazione di subprime è decollata, passando dai 70 miliardi di dollari del 1996 ai 100 miliardi del 2000, per continuare fino ad un massimo storico di più di 600 miliardi nel 2006. Di tutti questi subprime emessi, la maggior parte era assicurata con garanzie reali. Inoltre i mutui concessi a soggetti con basso merito creditizio hanno iniziato a ricoprire una proporzione sempre maggiore rispetto al totale dei mutui erogati, passando dal 7.4% del 2002 addirittura al 23.5% del 2006 (FIGURA 2.10)

I mutui ipotecari quindi non erano più concessi esclusivamente da agenzie come la Fannie Mae e la Freddie Mac, ma venivano emessi dall'intera macchina speculativa di Wall Street, anche da istituzioni come Salomon Brothers, Merril Lynch e altre. Queste hanno iniziato a impacchettare e vendere mutui cosiddetti "non-agency", cioè prestiti non conformi agli standard richiesti dalla Freddie e dalla Fannie. La nascita di queste nuove forme di prestito ha fatto sì che gli investitori iniziassero a preoccuparsi non più di quanto ci sarebbe voluto per recuperare il capitale, come nel caso dei possessori di mutui garantiti dalle agenzie governative, ma piuttosto se avrebbero mai recuperato l'investimento.

[34] Queste sono entrambe "government-sponsored enterprises" (GSEs), cioè compagnie create e sostenute dal congresso al fine di supportare il mercato ipotecario.

[35] Sono mutui ipotecari in cui il tasso di interesse è periodicamente aggiustato in base ad un indice che riflette il costo del prestito che il finanziatore deve sostenere sul mercato.

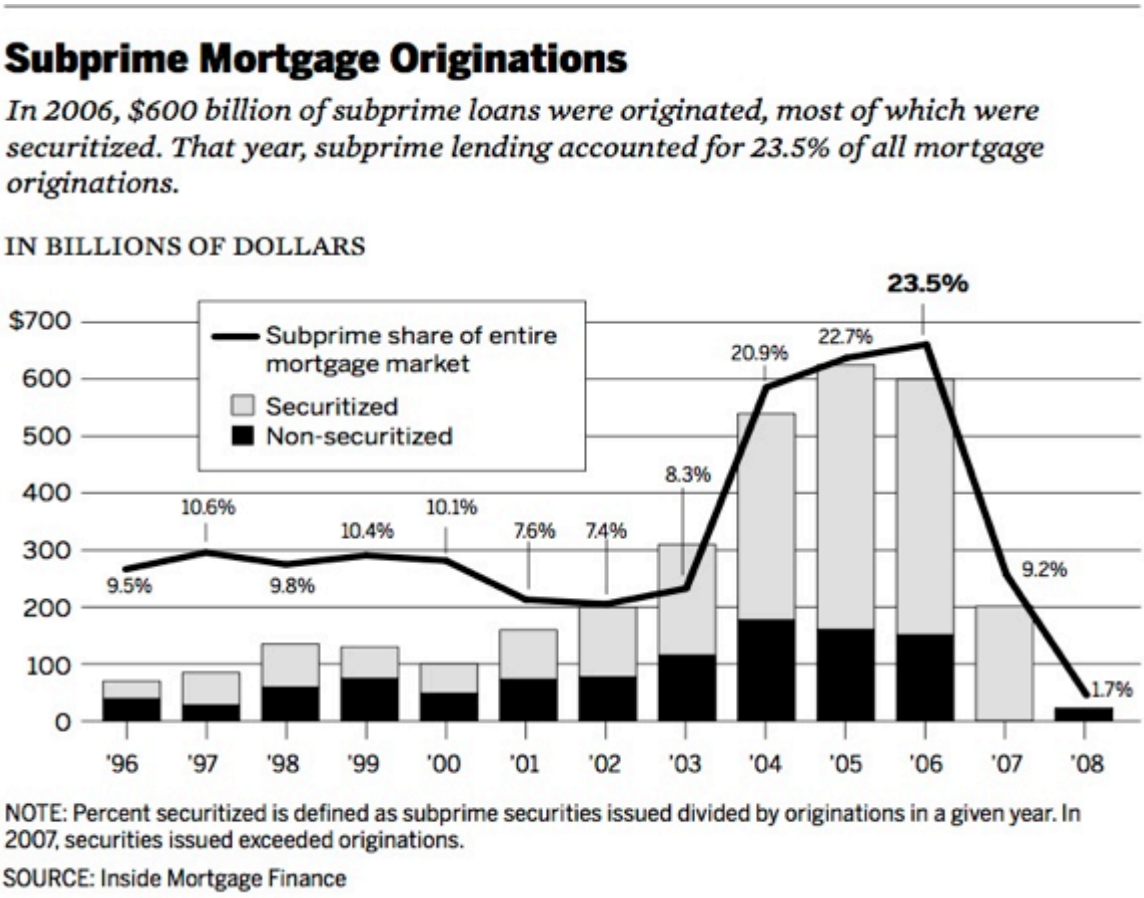


FIGURA 2.10: Percentuale dei mutui ipotecari negli Stati Uniti. In nero appaiono i mutui non garantiti, in grigio più chiaro quelli garantiti. (Fonte*: The Financial Crisis Inquiry Report, Final Report Of The National Commission On The Causes Of The Financial And Economic Crisis In The United States, 2011*

Si badi che alla fine degli anni '80 la crisi del credito e del debito aveva lasciato il governo federale con 402 miliardi di $ in mutui e proprietà immobiliari, derivanti dai fallimenti di casse di risparmio e banche. Il congresso pertanto nel 1989 stabilì la cosiddetta "Resolution Trust Corporation" (RTC), con lo scopo di liberarsi dei mutui e delle proprietà immobiliari, e in qualche occasione anche degli istituti di risparmio ormai posseduti dal governo stesso. Ma se l'RTC riuscì a vendere circa 6.1 miliardi di questi mutui proprio alla Fannie Mae e alla Freddie Mac, la maggior parte in realtà non soddisfaceva gli standard richiesti dalle agenzie. Alcuni erano semplicemente quelli che possono essere definiti mutui subprime, ma altri presentavano errori nella documentazione o problemi tecnici, che li ponevano alla stregua dei mutui con scarsa documentazione diventati poi molto popolari. I funzionari dell' RTC sono quindi presto giunti alla conclusione che non c'erano né il tempo né le risorse necessarie a

vendere tutti i beni in questione, quindi hanno deciso di rivolgersi al settore privato per assicurarli, pervenendo alla fine del loro lavoro ad assicurare 25 miliardi in mutui residenziali. In conclusione quindi proprio il governo degli Stati Uniti, tramite l'istituzione dell' RTC, ha contribuito all'incremento delle coperture per mutui che non erano eleggibili per gli standard di garanzia delle GSE.

Da qui la nascita di un'opportunità enorme anche per le agenzie di rating Standard & Poor's e Moody's, chiamate direttamente dal governo ad assegnare un rating a questa tipologia di prodotti; un rating elevato, infatti, avrebbe costituito un' ulteriore garanzia per la vendita di questi mutui che erano risultati sino ad allora incedibili. Anche la macchina del rating era quindi entrata nel business.

Dunque i mutui che non erano precedentemente garantiti in maniera adeguata dai compratori vengono immessi nel circuito della finanza strutturata, sotto forma di quelli che diventano a tutti gli effetti un nuova tipologia di prodotti finanziari, cioè i "Collateralized Debt Obligations", comunemente conosciuti come CDOs.

Tali prodotti sono, semplificando, delle scatole in cui vengono raccolti i mutui, che sono poi trasformati dagli operatori in quote con un rispettivo rating, con una struttura di pagamento a cascata (FIGURA 2.10).

Questo ha lo scopo creare una nuova domanda per quelle porzioni di mutui ipotecari con un bassa garanzia di solvibilità, in quanto come visto le quote con un rating che non sia una tripla A, nonostante i rendimenti elevati, possono essere molto difficili da alienare. Nella sostanza le istituzioni finanziarie, soprattutto le Banche, prendono tutte queste quote dal basso grado di sicurezza dell'investimento, spesso valutate BBB o meno, provenienti dai diversi titoli con garanzia ipotecaria, e le re-impacchettano nei CDOs. Approssimativamente l'80% di queste quote componenti i CDOs vengono quotate AAA, nonostante in realtà essi includano generalmente le quote col rating più basso tra i titoli garantiti da ipoteca, mentre i mutui effettivamente sicuri sono in realtà in numero molto più esiguo.

Le garanzie dei CDOs sono, come accennato, liquidate con una struttura a cascata, con gli investitori avversi al rischio che sono pagati per primi, e gli investitori favorevoli al rischio che sono pagati per ultimi. Come per le garanzie ipotecarie le agenzie di rating assegnano il loro rating più elevato, la tripla A, ai titoli in cima alla scatola dei CDOs.

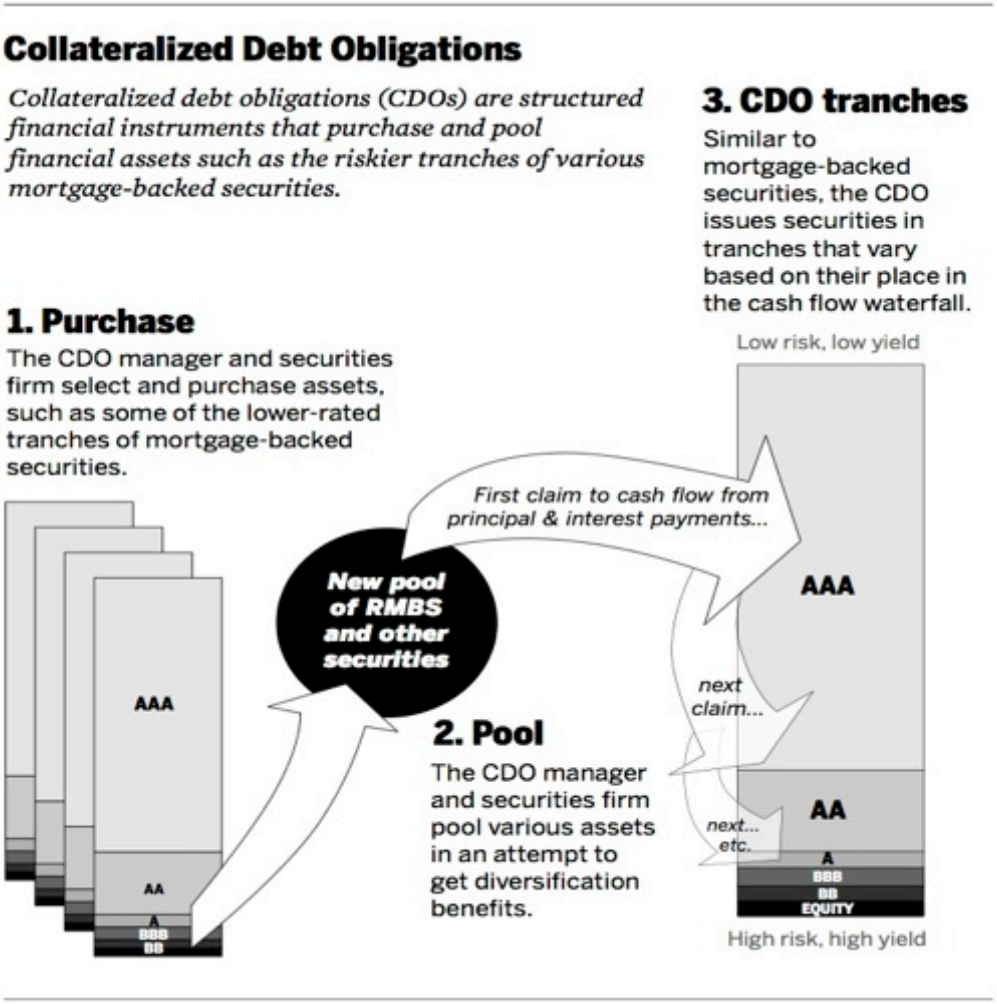


FIGURA 2.11

: Strutturazione dei Collateralized Debt Obligations (Fonte*: The Financial Crisis Inquiry Report, Final Report Of The National Commission On The Causes Of The Financial And Economic Crisis In The United States, 2011*

Il ragionamento che muove gli istituti finanziari, e con il quale le società di raiting concordano, è che raggruppando molti mutui ipotecari con valutazione BBB, questi potrebbero creare dei benefici aggiuntivi derivanti dalla diversificazione. La diversificazione del portafoglio è infatti il principio finanziario cardine per diminuire il rischio dell'investimento; le agenzie di rating ritenevano che se una delle garanzie fosse andata male, la successiva avrebbe avuto una bassissima possibilità di andar male a sua volta. E fin quando le perdite sarebbero rimaste limitate, solamente gli investitori alla fine della cascata non sarebbero stati remunerati; assorbito il colpo, gli altri investitori avrebbero continuato ad essere pagati.

Facendo affidamento su questa logica, la macchina dei CDOs ha divorato i mutui ipotecari valutati BBB o meno, creando in poco tempo un meccanismo da centinaia di miliardi di dollari: tra il 2003 e il 2007 Wall Street ha emesso e distribuito CDOs per un valore di circa 700 miliardi di dollari. Con i compratori pronti, gli istituti finanziari continuano ad incrementare la domanda di mutui per inserirli nei loro gruppi di titoli, facendo fluire miliardi di dollari nel sistema delle garanzie ipotecarie: i CDOs sono quindi, di fatto, il motore che dà potenza a questa catena.

Tutte le istituzioni coinvolte nel processo (i creatori e i sottoscrittori dei CDOs che impacchettano e vendono i titoli, le agenzie di rating che assegnano alla maggior parte di questi valutazioni eccellenti, i garanti che formulano le protezioni contro la loro insolvenza) ottengono delle commissioni rispetto al volume monetario dei prodotti venduti; tali commissioni rappresentano interessi per miliardi di dollari soprattutto per le grandi banche d'investimento, i cui portafogli sono ormai massicciamente caratterizzati dalla presenza di questi prodotti strutturati. Esse quindi ottengono guadagni enormi vendendo prodotti di cui il sottostante bene immobile è sopravvalutato e i cui debitori non sono affidabili.

Ma quando la bolla scoppia e il mercato immobiliare crolla, i modelli su cui le Collateralized Debt Obligations erano fondate si dimostrano tragicamente errati. I diversi mutui ipotecari si rivelano essere, contrariamente a quanto si pensasse in precedenza, fortemente correlati, quindi le loro performance sono in realtà tutte molto simili. In tutto il paese, soprattutto nelle regioni in cui i mutui subprime erano più concentrati, i creditori iniziano ad andare in default. Se era stato previsto che le perdite in una regione fossero compensate da operazioni di prestito di successo nelle altre, questo nel concreto non avviene: ala fine, i CDOs si dimostrano tra i più infelici beni nella crisi finanziaria.

Le perdite più elevate le subiscono gli istituti che maggiormente hanno composto questi prodotti strutturati, cioè proprio i colossi bancari come Citigroup, Merril Lynch e UBS, e i garanti finanziari come l'American International Group (AIG) o l' MBIA. Il 15 Settembre 2008 viene dichiarato il fallimento della Lehman Brothers di New York: inizia ufficialmente la crisi finanziaria.

Il meccanismo di contagio di cui si è ampiamente parlato fa estendere la crisi alle altre banche: al verificarsi di altri fallimenti illustri (Bear Stearns, IKB, Nothern Rock, etc.), si alternano vendite come quella della Marryl Linch (ceduta nel 2008 alla Bank of America), ma soprattutto tentativi di salvataggio da parte dei governi con ingenti iniezioni di capitali (Fannie Mae e Freddy Mac, AIG, Citigroup, etc.). Tuttavia le banche che hanno disponibilità liquide congelano i loro fondi e non prestano più denaro alle altre banche per paura di

perderlo, determinando di fatto il blocco del mercato interbancario e la crescita esponenziale degli spread del mercato della moneta. Le misure adottate dalla maggior parte delle banche centrali per far fronte alla diffusione della crisi, tra cui la Fed e la BCE, vedono l'immissione di enormi quantità di moneta tramite l'incremento drastico delle operazioni di mercato aperto[36] (sia a breve che a lungo termine), l'accettazione di un numero molto ampio di titoli di garanzia e il taglio massiccio dei tassi per poter favorire il rifinanziamento delle banche in crisi, nonché tutta una serie di operazioni veloci per salvare gli istituti più colpiti[37].

Tuttavia, dopo quanto detto riguardo alla natura del rischio sistemico, risulta abbastanza facile comprendere come tali interventi comportino inevitabilmente delle conseguenze.

Gli stati infatti per salvare le grandi istituzioni finanziarie si indebitano pesantemente, facendo schizzare alle stelle il debito pubblico. Questo, in una situazione di contemporanea assenza di crescita economica, di governi instabili e di continue richieste di fondi, porta alla completa caduta della fiducia nei mercati finanziari, che si traduce poi in durissimi effetti sull'economia reale.

È quindi più immediatamente comprensibile il meccanismo che prima è stato descritto su base teorica. Il rischio di liquidità d finanziamento nasce dalle operazioni di cartolarizzazione e dalla non corretta valutazione data al pericolo di insolvenza dei possessori di quei mutui subprime che vanno a costituire i nuovi prodotti finanziari di investimento; da questo, la conseguente errata determinazione del prezzo e la sbagliata gestione dei CDOs, che vengono scambiati come prodotti sicuri ad un prezzo troppo basso per rifletterne le caratteristiche reali dei titoli che li compongono. Nascono così delle forti asimmetrie informative riguardanti questi prodotti, alimentate dall'incompletezza dei mercati, che velocemente si traducono in un atteggiamento di "moral hazard" da parte degli operatori dei mercati finanziari. Gli investimenti da parte delle banche sono infatti stati rivolti su prodotti molto rischiosi e scarsissimamente liquidi, situazione appunto di "azzardo morale" rispetto alla possibilità di impiegare le risorse per la gestione di prodotti più costosi, ma meno rischiosi e soprattutto più liquidi.

---

[36] Tali operazioni si sostanziano in transazioni che la Banca Centrale effettua in borsa, vendendo/acquistando titoli di stato, così da assorbire o immettere moneta. Sono quindi uno dei metodi con cui si attua concretamente la politica monetaria.

[37] Si pensi per esempio alle operazioni di "currency swap" su base internazionale, con cui due istituzioni scambiano il principale e/o il pagamento degli interessi di un mutuo espresso in una valuta per il corrispondente principale e/o pagamento degli interessi di un equivalente mutuo con stesso valore attuale espresso in un'altra valuta. Questi sono stati usati dalla Fed soprattutto sotto forma di "central bank liquidity swap", usati per ottenere liquidità nella propria valuta da una banca centrale di un altro paese. Nel 2007 la Federal Open Market Committee (FOMC) ha autorizzato degli accordi temporanei con la BCE e la Banca Nazionale Svizzera per aiutare la Fed a reperire liquidità in dollari americani nei mercati stranieri.

Ecco che quindi si sviluppa un rischio di liquidità e di fallimento che coinvolge tutti i depositanti (con l' effetto di "bank run" già esplicato) e di conseguenza anche di tuti gli istituti finanziari coinvolti nel processo, fino alla messa in moto di tutti quei meccanismi che portano, come visto, al rischio di liquidità di mercato. L'intervento delle maggiori banche centrali e il loro tentativo di contenere gli effetti del contagio con immissioni massicce di liquidità si rivela però insufficiente a stabilizzare il mercato finanziario, aggiungendo inoltre le ulteriori criticità sopra citate.

Calandoci in questo scenario appare pertanto ancora più lampante come sia di cruciale importanza cercare di inquadrare in maniera chiara il concetto di rischio sistemico, e come gli interventi delle autorità regolatrici assumano un'importanza cruciale per affrontare al meglio tutte le componenti di rischio che si sviluppano nell'ordinaria attività del sistema finanziario.

CAPITOLO 3

LA NETWORK THEORY

3.1 Introduzione – 3.2 Storia e caratteri della Network Theory – 3.2.1 Cenni storici – 3.2.2 Le reti nel mondo reale - 3.2.3 I network come strutture in evoluzione - 3.2.4 I network come sistemi dinamici – 3.3 Applicazioni della Network Theory nel sistema finanziario - 3.3.1 Il contagio nella Network Theory – 3.3.2 Il congelamento del mercato interbancario

3.1 INTRODUZIONE

Dopo aver analizzato e spiegato i meccanismi che minano la stabilità del sistema finanziario e creano i presupposti per la diffusione del rischio sistemico, si cercherà di approfondire in questo capitolo l'approccio di studio chiamato *"Network Theory"*, cioè la teoria basata sui modelli di "rete". Tale metodo tenta di cogliere il meccanismo del contagio finanziario di cui si è parlato, ponendo alla base dell'indagine la rete di relazioni che intercorrono tra i diversi attori in gioco nel mercato di riferimento. Prendendo ad esempio quindi la crisi originata dai mutui subprime, tale approccio si baserà sulla struttura delle connessioni tra le istituzioni finanziarie, per cercare di verificare come esse abbiano potuto ingigantire gli effetti dello shock iniziale della bolla immobiliare, portando alla diffusione della crisi a livello globale.

Come già accennato in precedenza, l'analisi dei modelli a rete rientra tra i metodi di individuazione e quantificazione del rischio sistemico, ergendosi dunque tra i meccanismi di controllo utilizzati dai politici nei loro tentativi di regolamentazione dei mercati finanziari. La diffusione dello shock causato dal trigger event iniziale nella recente crisi ha ulteriormente sviluppato la convinzione che l'analisi delle relazione tra gli attori del mercato finanziario dovessero ottenere maggiori attenzioni.

Per farlo bisogna innanzitutto comprendere cosa si intende concretamente con il termine "network". Esso può essere definito come una struttura sociale costituita da individui (o organizzazioni), che possono essere chiamati "nodi". Questi nodi sono strettamente connessi gli uni agli altri tramite una o diverse forme specifiche di interdipendenza, come l'amicizia, la parentela, gli interessi comuni, le interazioni culturali, gli scambi economici e finanziari, ecc.

La network analysis guarda alle relazioni tra individui propri in tale ottica. La struttura che ne risulta è spesso molto complessa, in quanto i collegamenti tra i diversi nodi possono essere

molteplici; la bibliografia ha infatti dimostrato che i "social networks" (cioè i network che si formano nei contesti sociali) operano su molti livelli, giocando un ruolo critico nella determinazione del metodo migliore di soluzione dei problemi, di gestione delle organizzazioni, nonché nella definizione del grado di successo con gli individui raggiungono i loro obiettivi.

Nella sua forma più semplice un network sociale è una mappa di collegamenti specifici, che possono essere riassunti nei contatti sociali tra i diversi individui, i cui i nodi sono i punti e i collegamenti le linee.

Questo approccio d'analisi affonda le sue radici nella sociologia moderna e ha poi trovato applicazione in molte altre discipline, tra cui anche l'economia. Per secoli l'idea di network è stata usata in senso ampio per connotare l'insieme di complesse relazioni tra i membri del sistema sociale ad ogni livello, da quello interpersonale fino alle relazioni internazionali[38].

Più recentemente la network analysis si è trasformata dall'essere una metafora suggestiva a diventare un approccio analitico vero e proprio, con i propri enunciati teorici, metodi, software specifici ed esperti in materia. Gli analisti ragionano solitamente partendo da una visione d'insieme e muovendo fino alle singole parti: dalla struttura istituzionale, alle relazioni, all'individuo, dal comportamento alla specifica mentalità.

Tradizionalmente si considerano due tipi di rete: la prima è la cosiddetta "*rete completa"* (cioè il "whole network" o "complete network"), in cui tutti i collegamenti racchiudono al loro interno relazioni caratteristiche di una popolazione definita; la seconda è la *"rete personale"* ("personal network" o "egocentric network"), che analizza invece le connessioni tra individui specifici.

La differenza tra reti complete e reti individuali è fondamentalmente basata sulla capacità degli analisti di ottenere i dati necessari: questo nelle analisi di rete completa, come per esempio nel caso delle aziende, si traduce nella necessità di disporre di informazioni complete riguardo a chi fa parte del network, sia a un capo che all'altro del collegamento; per le analisi di rete individuale invece i dati necessari sono esclusivamente quelli relativi al soggetto preso in esame, non quelli riferibili al suo interlocutore.

Da queste due grandi categorie derivano poi dei sottogruppi di reti, che possono essere utilizzati per l'analisi in situazioni specifiche. Tra queste abbiamo per esempio lo *"snowball network",* cioè il network a palla di neve, che si riferisce all'idea che gli interlocutori che

[38] Nel 1954 J. A. Barnes ha cominciato a utilizzare il termine in maniera sistematica per individuare diversi percorsi di collegamento, abbracciando sia concetti tipicamente adottati dalla gente che concetti specifici delle scienze sociali. Moltissimi autori hanno poi ulteriormente espanso l'uso sistematico della social network analysis.

sono identificati in una ricerca personale diventino poi soggetti dell'analisi, andando ad individuare a loro volta dei nuovi interlocutori e ingrandendo via via il network. Altro esempio, che supera i limiti logistici del metodo precedente, è il cosiddetto *"hybrid network"* (network ibrido) sviluppato più recentemente, in cui i soggetti principali di un network completo nominano degli interlocutori al di fuori della rete, che divengono così disponibili per tutte le analisi di connessione condotte sul gruppo originale. Le reti ibride hanno assunto grande utilizzo per l'analisi di situazioni complesse, in cui si presume che vi siano attori che giocano un ruolo importante anche se non rientrano strettamente nel gruppo originale oggetto di indagine. È il caso proprio delle istituzioni finanziarie, in quanto i componenti di tali società hanno spesso relazioni con soggetti esterni, per esempio i consulenti, che sono a tutto diritto parte integrante della rete, ma che non possono essere a tutti gli effetti definiti come elementi chiave nella raccolta dei dati.

Vi sono tuttavia alcune tendenze analitiche che distinguono in maniera peculiare l'analisi basata sui modelli di rete sociale[39]. La prima è che non ci siano assunzioni riguardo al fatto che i gruppi analizzati costituiscano i fondamenti della società di riferimento: l'approccio è aperto allo studio di un sistema sociale privo di confini, che include tutte le sfaccettature riguardanti il collegamento tra soggetti, da quelli appartenenti ad una stessa comunità fino a quelli che si relazionano tramite il web. In secondo piano, piuttosto che trattare gli individui (siano essi persone, organizzazioni o stati) come unità discrete di analisi, questo tipo di analisi si concentra su come la struttura a rete influisca su questi individui e sulle loro relazioni. Infine, in contrasto con le analisi che assumono che il meccanismo di socializzazione all'insegna delle norme vada a determinare il comportamento umano, la network analysis cerca di cogliere il punto fino a cui la struttura e la composizione dei legami sociali incidano sulle norme, ragionando quindi in maniera speculare.

La fisionomia di una rete sociale con queste caratteristiche avrà pertanto la capacità di aiutare a definire l'utilità del network per gli individui che ne fanno parte. Network più piccoli e con legami molto stretti possono risultare meno utili ai loro membri rispetto a network con molte relazioni con individui al di fuori della rete principale, quand'anche esse siano lasche (si parla in tal caso di legami deboli). Network più aperti, con molti legami deboli e connessioni sociali, sono più adatte ad introdurre nuove idee ed opportunità ai loro partecipanti rispetto a network chiusi, caratterizzati spesso da relazioni ridondanti. In altre parole, un gruppo di amici che passano del tempo esclusivamente tra loro condividono sempre le stesse

[39] Si veda per esempio FREEMAN LINTON, "*The Development of Social Network Analysis*", 2006

conoscenze e opportunità. Per un gruppo di individui che invece ha dei legami con altre realtà sociali, sarà evidentemente molto più probabile aver accesso ad un range molto più ampio di informazioni e, di conseguenza, di opportunità. Una prima conclusione dello studio basato sui modelli a rete è quindi quella che per il successo individuale è meglio avere un numero esiguo di relazioni con una varietà ampia di network, piuttosto che molte relazioni ma con un singolo network. Allo stesso modo, gli individui possono esercitare la propria influenza e agire come dei broker all'interno delle proprie reti sociali, facendo da ponte tra due network che non sono direttamente collegati.

Il potere della Network Theory risiede nella sua differenza rispetto ai tradizionali metodi d'indagine scientifica, che assumono come elemento principale di analisi le caratteristiche dei singoli attori, indipendentemente dal fatto che essi siano socievoli o ostili, intelligenti o non, ecc.

L'analisi dei modelli di rete sociale propone una visione alternativa, in cui gli attributi degli individui sono meno importanti rispetto alle loro relazioni a ai collegamenti con gli altri attori del network in cui vivono. Questo approccio è risultato nel tempo essere assai più utile per la spiegazione di molti fenomeni del mondo reale, anche se lascia meno spazio all'analisi individuale, togliendo peso all'abilità del singolo di influenzare il proprio successo.

Inoltre, motivo per cui si è deciso di dar spazio in questo studio al modello delle reti sociali, questo approccio è da tempo molto utilizzato per esaminare in che modo le organizzazioni interagiscono tra loro: esso riesce infatti a descrivere in maniere analitica le molte connessioni informali che legano le istituzioni le une alla altre, così come quelle che esistono tra i singoli membri e le organizzazioni stesse. Si pensi per esempio al potere dell'individuo all'interno di un'organizzazione, che deriva spesso da quanto esso sia al centro di molte più relazioni rispetto a quelle che il suo ruolo lavorativo gli chieda di avere.

Le reti dunque giocano un ruolo fondamentale anche nel raggiungimento degli obbiettivi, nella performance lavorativa e nel successo di un business. E allo stesso modo possono essere determinanti nel dispiegamento delle crisi. Esse forniscono infatti alle aziende dei veicoli per raccogliere informazioni, ma anche per scoraggiare la competizione, per colludere nella determinazione dei prezzi, per influire addirittura sulla politica economica di un settore. Maggiori collegamenti significano più facilità di ottenere input positivi, ma anche più rischio di diffondere gli output negativi.

Ecco dunque la scelta di dare alle misure di connessione citate nel primo capitolo un maggior peso all'interno di questo studio. Si comincerà a dispiegare l'argomento con dei brevi cenni

sull'evoluzione storica della disciplina e sui principali apporti in materia, per poi entrare nella specifica applicazione del concetto di contagio finanziario nei modelli a rete.

3.2 STORIA E CARATTERI DELLA NETWORK THEORY

I modelli a rete hanno visto una naturale evoluzione nel corso del tempo, passando dall'essere semplicemente degli insiemi di legami biologici e sociali, a costituire adesso dei veri e propri agglomerati di collegamenti, sempre più complessi, ramificati e difficili da comprendere. I network sono ovunque. A partire da Internet e dal World Wide Web, a i network economici, a quelli di diffusione delle malattie, fino addirittura ai network terroristici, l'idea di una rete di connessioni pervade in maniera capillare la cultura moderna.
Proprio questa forte influenza dei network sociali ha fatto si che nel recente passato gli studiosi di diverse discipline (matematici, fisici, esperti informatici, sociologi, biologi, etc.) abbiano iniziato a interrogarsi su cosa esattamente siano i Network, su che forme possano assumere e su come la loro presenza possa influenzare gli eventi; tutti tali quesiti sono poi stati integrati da un processo di ricerca che è sfociato nella costituzione della "Network Theory" , considerata da qualcuna una vera e propria scienza delle reti.
Nonostante ad oggi gli studi sulle reti siano ancora in un periodo di grande sviluppo e gli articoli in merito siano quasi all'ordine del giorno, è già stata prodotta una letteratura significativa sull'argomento. Si ritiene pertanto appropriato in sede di questo studio cercare di riassumerne i contributi principali, al fine di comprendere i progressi della Teoria delle Reti, le cui radici affondano nelle scienze matematiche e, più recentemente, in quelle sociali. Si cercherà poi di inquadrare meglio questa "nuova" scienza delle reti, ponendo l'attenzione su una serie di caratteristiche peculiari che la distinguono dalle altre, spiegando perché tali caratteristiche sono così importanti.

3.2.1 Cenni storici

Come accennato lo studio delle reti ha avuto una lunga storia in materie come la matematica e le altre scienze. Nel 1736 il grande matematico Leonhard Euler (Eulero) ha iniziato a interessarsi ad un indovinello matematico chiamato "Problema dei ponti di Königsberg". La città di Königsberg fu costruita sul fiume Pregel e da suoi affluenti e presenta due estese isole che sono connesse tra di loro e con le due aree principali della città da sette ponti. Nel corso

dei secoli è stata più volte proposta la questione se sia possibile con una passeggiata seguire un percorso che attraversi ogni ponte una e una volta soltanto e tornare al punto di partenza. Eulero affrontò tale problema, dimostrando che la passeggiata ipotizzata non era possibile. Il suo merito è soprattutto quello di aver trovato una soluzione grazie all'uso dei grafi, uno strumento matematico che consiste di punti (chiamati "vertici" o "nodi") e di linee (chiamate "spigoli" o "collegamenti"), che riesce ad astrarsi da tutti i dettagli del problema originale per focalizzarsi esclusivamente sui collegamenti (FIGURA 3.1).

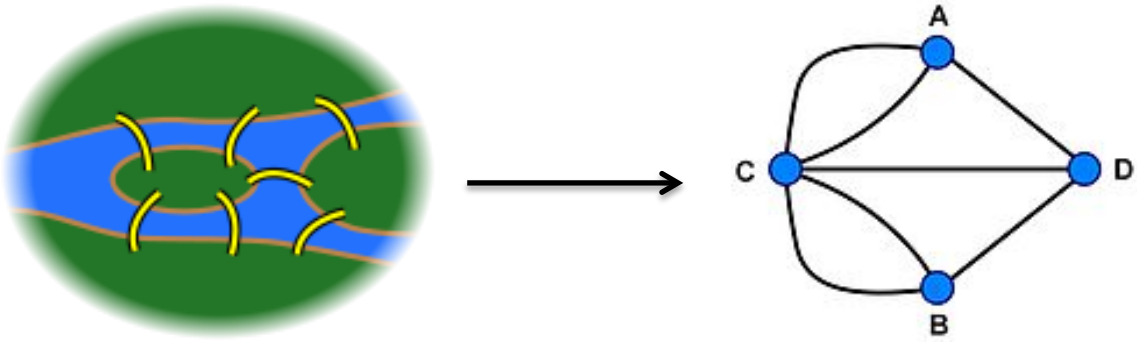


FIGURA 3.1: Il problema dei ponti di Königsberg proposto da Eulero durante lo studio dei grafi (Fonte: *"The Structure Of Dynamics Networks", Newman, Barabàsi e Watts, 2006)*

Nel grafico in figura 3.1 ci sono quattro nodi (A, B, C, D) che rappresentano le quattro grandi zone della città e sette spigoli che le collegano. A questo punto il problema è affrontabile in termine matematici e la conclusione a cui giunse Eulero è che un qualsiasi grafo è percorribile se e solo se ha tutti i nodi di grado pari, o due di essi sono di grado dispari; per percorrere un grafo "possibile" con due nodi di grado dispari, è necessario partire da uno di essi, e si terminerà sull'altro nodo dispari[40]. Eulero ha dimostrato che per un grafo qualsiasi un cammino con le caratteristiche desiderate è possibile se e solo se il grafo non ha vertici (i punti nella raffigurazione del grafo) che sono raggiunti da un numero dispari di spigoli. Un tale cammino è chiamato "circuito euleriano" Dato che il grafo relativo a Königsberg ha quattro di tali vertici, il cammino non esiste. Il problema relativo all'esistenza di un circuito euleriano nei networks è ancora oggetto di grande interesse, che vede l'ottenimento sempre di nuovi risultati.

[40] In fisica alcuni autori si sono riferiti al grado di un vertice come alla "connettività" dello stesso.

Molti considerano la dimostrazione di Eulero come il primo teorema nell' ormai ampiamente sviluppato campo della matematica conosciuto come "teoria dei grafi", che negli ultimi tre secoli è divenuta il principale linguaggio matematico per descrivere le proprietà dei network (HARAY 1995, WEST 1996). Nella sua forma più semplice, un network non è altro che una serie di elementi discreti (i vertici) e un insieme di connessioni (gli spigoli) che legano questi elementi, tipicamente con un aspetto a coppie.

Gli elementi e le connessioni possono rappresentare qualsiasi entità e relazione (persone e amicizia (RAPOPORT e HORVATH, 1961), computer e linee informatiche (FALOUTSOS ET AL., 1999), scritti scientifici e citazioni (PRICE 1965, REDNER 1998)), il che ha portato a domandarsi come un contesto così variabile e poco definito potesse portare a dei risultati sostanziali e interessanti dal punto di vista applicativo. Ma questa elasticità è precisamente ciò che dona alla la teoria dei grafi un così grande potenziale. Grazie alla capacità di isolare i diversi dettagli di un problema, tale approccio è in grado di evidenziare e descrivere le criticità e le caratteristiche essenziali dell'argomento, con una chiarezza che sarebbe impossibile da ottenere se tutti i particolari fossero conservati nel loro insieme. Come conseguenza, soprattutto negli ultimi decenni, la teoria dei grafi si è diffusa velocemente dal suo dominio originale puramente matematico a molti altri ambiti, quali l'ingegneria (AHUJA ET AL. 1993), la ricerca operativa (NAGUERNEY 1993) e l'informatica (LYNCH 1996). Tuttavia in nessun ambito la teoria dei grafi ha trovato spazio e applicazione come nella sociologia.

A partire dagli anni '50, in risposta al crescente interesse ai metodi quantitativi in sociologia e antropologia, il linguaggio matematico dei grafi fu cooptato dai sociologi per migliore la comprensione dei dati provenienti da studi etnografici (WASSERMAN E FAUST 1994, DEGENNE E FORSÉ 1999, SCOTT 2000). La maggior parte della terminologia utilizzata nei modelli di Social Network Analysis è stata presa in prestito direttamente dalla teoria dei grafi o adattata da essa, al fine di indirizzare al meglio tutti i quesiti riguardanti lo stato, l'influenza, la coesione, il ruolo e l'identità di una rete sociale. Perciò, oltre al suo ruolo quale linguaggio per la descrizione di modelli astratti, la teoria dei grafi è diventata un o strumento pratico per l'analisi empirica dei dati.

I matematici iniziarono a pensare ai grafi come al mezzo attraverso cui vari tipi di caratteristiche e informazioni potessero propagarsi. Ecco che le proprietà strutturali delle reti, specialmente la loro "connessione", divengono legate con le caratteristiche di alcuni atteggiamenti sociali, come la previsione della dimensione del contagio delle epidemie o la possibilità di diffusione di informazioni a livello globale. A questo trend si associa inoltre l'idea che i grafi siano propriamente considerati come oggetti stocastici (ERDOS E RÉNYI,

1960), piuttosto che come puramente deterministici, e di conseguenza che le loro caratteristiche possano essere pensate in termini di probabilità di distribuzione. Proprio questo approccio è stato quello probabilmente più fortemente sviluppato in epoca più recente negli studi dei grafi e della Social Network Analysis.
Partendo da tali presupposti, quella che abbiamo definito come la "nuova" scienza delle reti compie degli ulteriori passi avanti. Anche se la teoria dei grafi ha un grande potere e si configura come un linguaggio universale e la maggior parte del lavoro è stato fatto, quali ulteriori potenzialità possono essere sviluppate?
La scienza dei network emersa negli ultimi anni si distingue, come si è accennato, per l'approccio di lavoro, basato su tre assunti: (1) focalizzandosi sulle proprietà delle reti del mondo reale, essa è strettamente interessata da quesiti empirici quanto da problemi di tipo analitico; (2) tale metodo spesso assume che le reti non siano statiche, ma che evolvano nel tempo in accordo con diverse regole dinamiche; (3) il suo fine, in ultima analisi, è quello di capire i network non solo come oggetti topologici, ma anche come delle strutture in cui i sistemi dinamici sono costruiti e ripartiti. Tutti questi elementi sono quelli che hanno preceduto l'esplosione recente dell'interesse verso le reti sociali, ma la loro sintesi un programma di ricerca coerente è di nuova definizione.

3.2.2 Le reti del mondo reale

La prima differenza tra la vecchia scienza dei network e quella emergente è che, al di là della Social Network Analysis, le teorie tradizionali delle reti non hanno molto a che fare con le strutture che si formano naturalmente all'interno di un network sociale. Molte delle teorie dei grafi si qualificano come puramente matematiche, e come tali sono legate principalmente alle proprietà dei costrutti artificiali. La teoria dei grafi pura è approfondita ed accurata, ma non è specificatamente attinente ai network che si formano nella realtà. La teoria dei grafi applicata invece, come suggerisce il nome, è maggiormente in relazione con i problemi che caratterizzano le reti del mondo reale, ma il suo ambito di applicazione è soprattutto quello del design e dell'ingegneria. Al contrario, il lavoro più recente della scienza dei network è incentrato su quelle reti che si formano e crescono naturalmente, sviluppandosi tipicamente in modo non pianificato e decentralizzato. I network sociali e biologici fanno parte di questa categoria di reti naturali, così come le reti di informazioni, quali ad esempio il World Wide Web o le quelle che si formano grazie alle citazioni in ambito di ricerca. Ma la categoria è

ancora più ampia e include network che sono destinati a servire un singolo e coordinato scopo (ad esempio la rete dei trasporti, delle consegne, delle comunicazioni, etc.), ma che sono state costituite in lunghi periodi di tempo da moltissimi agenti indipendenti.

La SNA è fortemente empirica e tende per natura ad avere caratteristiche descrittive piuttosto che costruttive. Ad eccezione di alcuni particolari tipi di modelli di grafi[41], la network analysis nelle scienze sociali ha largamente evitato i modelli, preferendo semplicemente descrivere le proprietà della rete così come veniva osservata nei dati.

Ecco che quindi è nata la volontà, e forse la necessità, di sviluppare questa "nuova" scienza delle reti, con caratteristiche sia teoriche che empiriche, che cerchi così di riunire tutto quanto è derivato dagli studi in materia. Per implementare un modello che riesca a cogliere ed analizzare le caratteristiche strutturali delle reti che si formano nel mondo reale, bisogna prima di tutto essere in grado di definire quali sono tali caratteristiche e dunque quali saranno i dati essenziali da considerare. Ma dei modelli teorici adeguati sono allo stesso tempo necessari perché il significato di ogni dato empirico possa essere interpretato e capito in maniera corretta. Proprio come per studi tradizionali, dove teoria ed esperimenti si stimolano a vicenda in maniera continuativa, anche la scienza delle reti è stata costruita sui due pilastri dell'osservazione dei dati empirici e della costruzione di modelli teorici.

Il fatto che un requisito di validità scientifica tanto ovvio dovesse fare la sua prima apparizione nel campo così recentemente potrebbe sembrare inizialmente sorprendente, ma è comprensibile se si pensa alla storica difficoltà di ottenere dati di elevata qualità per network su larga scala. Per gran parte dei passati cinquant'anni, il reperimento di dati sui network è stato quasi esclusiva della Social Network Analysis, in cui i dati devono essere raccolti attraverso strumenti d'indagine che non solo sono costosi da gestire, ma che inoltre sono caratterizzati da scarsa accuratezza e da risposte soggettive degli individui. A quanto risulta, le persone non sono in grado di ricordare quali sono i loro amici, e la definizione di "amico" è spesso già di suo abbastanza ambigua.

Per esempio, la General Social Survey[42] (GSS), cioè un sondaggio sociologico utilizzato per ottenere dati sulle caratteristiche demografiche e le caratteristiche dei residenti negli USA, chiede agli intervistati di nominare sei individui con cui solitamente discutono di questioni importanti. L'ipotesi è che le persone parlino di temi rilevanti con persone che sono per loro importanti, e quindi domande di tal genere, chiamate "generatori di nomi", possono costituire delle medie affidabili per identificare legami sociali forti.

---

[41] Per esempio HOLLAND E LEINHARDT 1981, STRAUSS 1986, ANDERSON ET AL. 1999

[42] Si veda http://www.norc.uchicago.edu/projects/gensoc.asp

Tuttavia, uno studio recente di Bearman e Parigi (2004) ha mostrato che quando si chiede alla gente di questioni importanti di cui discutono, essi rispondono riferendosi ad ogni argomento immaginabile, inclusi molti che per la maggior parte di noi non sarebbero considerati importanti per niente. Ancora peggio, alcuni argomenti sono discussi con i membri della famiglia, altri con gli amici, altri con i colleghi di lavoro, ma altri con completi sconosciuti. Perciò si può dedurre davvero pochissimo riguardo al network di collegamenti dei rispondenti semplicemente guardando ai nomi generati dalle domande nella GSS. Bearman e Parigi hanno inoltre rilevato che circa il 20% dei rispondenti non nomina assolutamente nessuno; si potrebbe pensare che tali individui siano socialmente isolati, che non abbiano nessuno con cui parlare, invece il 40% di essi è in realtà sposato.

È dunque possibile che tali risultati rivelino caratteri comportamentali rilevanti nella vita sociale contemporanea: forse molte persone, anche persone sposate, non hanno realmente nessuno con cui parlare, o nulla di importante di cui parlare. Ma apparentemente i dati così ottenuti sono talmente contaminati dalle diverse interpretazioni degli strumenti dell'indagine, oltre che dalla capacità di memoria e dalla mancanza d'interesse dei rispondenti, che ogni inferenza sulla corrispondente rete sociale dovrà necessariamente essere considerata con un certo scetticismo.

L'esempio della General Social Survey è istruttivo in quanto evidenzia l'incertezza associata al tradizionale metodo di reperimento dei dati tramite intervista. Se le persone hanno difficoltà a identificare perfino i loro più stretti confidenti, come ci si può aspettare di ottenere delle informazioni affidabili riguardanti relazioni più sottili? E se, in risposta a quest'ostacolo, gli strumenti di indagine diventano più elaborati e specifici, allora al crescere della dimensione della popolazione intervistata, il processo richiesto per l'analisi e la comprensione dei risultati diventa proibitivo. Un approccio migliore potrebbe essere quello di registrare le attività e le interazioni dei soggetti direttamente, in modo da evitare problemi di memoria e permettere l'applicazione di criteri consistenti per definire le relazioni in esame. In assenza di strumenti di rilevazione accurati, comunque, questi metodi di osservazione diretta risultano addirittura più costosi in termine di tempo e risorse rispetto ai questionari più tipici.

A causa dello sforzo nella compilazione, le basi dati dei social network raramente coinvolgono popolazioni con più di un centinaio di individui e quasi mai più di un migliaio. E nonostante altri tipi di reti "non sociali" non abbiamo incontrato le stesse difficoltà, le evidenze empiriche precedenti all'ultimo decennio sono state poche, probabilmente per il fatto che le altre discipline orientate all'approccio basato sulle reti hanno sofferto la mancanza di un focus empirico come quello proprio della sociologia. L'assenza di dati di qualità

riguardanti network su larga scala ha, col passare del tempo, ritardato lo sviluppo di un tipo di modello statistico più adatto all'indagine in oggetto. In generale tali modelli possono risultare molto utili ed informativi quando applicati a reti ampie, ma tendono a collassare, o comunque a non funzionare in maniera corretta, se sono applicati a network ristretti. Per esempio, le reti dei contatti tra i terroristi sono state di recente profondamente studiate, ma sono risultate essere candidate poco eleggibili per dei modelli statistici, in quanto le domande d'interesse in tali network non sono per natura di tipo statistico, ma si focalizzano più sui ruoli dei singoli individui o di gruppi ristretti all'interno del network globale. In casi di tal genere gli strumenti tipici della Social Network Analysis, cioè gli indici di centralità, le misure strutturali, le misure del "capitale sociale", possono risultare molto più utili.

I recenti anni, comunque, hanno testimoniato un eccezionale incremento nella disponibilità di basi dati riguardanti i network, che includono migliaia e addirittura milioni di vertici; questo è certamente conseguenza dello straordinaria diffusione dei database elettronici e, forse più importante, di Internet. Quest'ultimo non solo ha orientato l'attenzione scientifica, e allo stesso modo quella popolare, sul tema delle reti, ma ha condotto anche a metodi di raccolta dei dati per i network (sociali e non) che evitano molte delle difficoltà che affliggono i sistemi di misurazione tradizionali della sociologia. Le reti di collaborazione scientifica, per esempio, posso adesso essere registrate in tempo reale attraverso database elettronici e altri sistemi ancora più efficaci[43]. Essendo molto più ampi dei database della SNA tradizionale, questi network sono molto più adatti a quei tipi di tecniche statistiche con cui i fisici e i matematici hanno familiarità.

In conclusione quindi, quelli che abbiamo definito come "network reali" mostrano delle proprietà che non erano state anticipate dai modelli idealizzati della teoria dei grafi, e che hanno spinto lo sviluppo di nuovi metodi di approccio alla teoria delle reti.

3.2.3 I network come strutture in evoluzione

La seconda caratteristica distintiva della più recente scienza delle reti, nonostante in passato sia la teoria dei grafi che la social network analysis considerassero i network come strutture statiche, è il riconoscimento che essi in realtà tendano ad evolvere nel tempo (BARABÀSI E ALBERT, 1999).

[43] Ad esempio registri e-mail, servizi di messaggistica istantanea, etc.

Molte reti sono il prodotto di processi dinamici, che aggiungono o rimuovono vertici e collegamenti. Per esempio, un network sociale di amicizia cambia nel momento in cui gli individui creano o rompono i legami tra di loro. Un individuo con molte conoscenze avrà la possibilità, per il fatto di essere meglio inserito e più conosciuto nel suo ambiente, di creare nuove amicizie rispetto a qualcun altro che è meno inserito. I legami che le persone formano influiscono la forma del network e, viceversa, la forma del network pesa sui legami che i suoi soggetti creano tra loro. Inoltre una struttura di rete sociale evolve storicamente in una maniera dipendente, per cui il ruolo dei partecipanti e il tipo di comportamenti degli stessi non può essere ignorata nello studio.
In maniera analoga, simili considerazioni sono applicabili anche ad altre specie di network: i processi operanti a livello locale confinano e sono a loro volta delimitati dalla struttura della rete. Uno degli obbiettivi principali della nuova corrente di pensiero riguardante i network è la comprensione di come le strutture a livello globale, cioè la connettività del network inteso nel suo insieme dipendano dai processi dinamici che avvengono a livello locale, quindi per esempio dalle norme che governano l'aspetto e le connessioni di un nuovo vertice.

3.2.4 I network come sistemi dinamici

Veniamo all'ultima caratteristica che contraddistingue la nuova forma di ricerca basata sulle reti rispetto al passato. Gli approcci tradizionali hanno sempre teso a sottovalutare o semplificare eccessivamente le relazioni esistenti tra le proprietà strutturali di un sistema a rete e il suo funzionamento.
Molti studi recenti, al contrario, si basano su una visione dinamica dei sistemi, in accordo alla quale i vertici dei grafi rappresentano entità dinamiche discrete, con le proprie regole di comportamento, e gli spigoli rappresentano gli accoppiamenti tra tali entità. Perciò una rete di individui che interagiscono, o un network di computer in cui si diffonde un virus, non solo hanno delle proprietà topologiche, ma possiedono anche delle caratteristiche dinamiche. Gli individui che interagiscono, per esempio, possono influenzare l'uno l'opinione dell'altro nel giungere alle decisioni, mentre un attacco di un virus informatico può o meno diventare epidemico a seconda del tipo di connessioni tra le macchine.
Il tipo di trigger event che avviene, quanto frequentemente avviene, e con quali conseguenze, sono tutte questioni che possono essere risolte esclusivamente pensando congiuntamente alle

strutture delle reti e alle situazioni dinamiche, e soprattutto considerando la relazione tra questi elementi come un aspetto chiave.

3.3 APPLICAZIONI DELLA NETWORK THEORY NEL SISTEMA FINANZIARIO

I modelli fin' ora descritti, se come detto hanno radici in scienze come la sociologia e la matematica, soprattutto in anni recenti hanno visto una forte estensione del loro campo di applicazione: ovviamente, di forte interesse per questo studio è il crescente utilizzo della teoria delle reti in finanza. Le reti, pensate in ottica di quanto detto nel precedente paragrafo, possono pertanto rappresentare un ottimo metodo di rappresentazione dei sistemi finanziari.
In particolare tale approccio risulta utile per diversi scopi. Innanzitutto studiare quanto i network finanziari siano resistenti al rischio di contagio, e come le istituzioni finanziarie formino dei collegamenti nel momento in cui sono esposte a tale rischio. In secondo luogo, per cercare di spiegare il congelamento del mercato interbancario. Terzo, indagare in che misura i social network possano migliorare le decisioni e la gestione aziendale. Quarto, evidenziare il ruolo delle reti nella distribuzione dei titoli di prima emissione. Infine, l'importantissimo ruolo che i network finanziari possono ricoprire, come già sottolineato, nel monitoraggio del sistema.
La crisi finanziaria del 2007-2009 ha messo tutte queste questioni sotto i riflettori, evidenziando l'intreccio di tutte le relazioni esistenti. Mentre gli eventi si susseguivano, è diventato chiaro a tutti che le conseguenze di un sistema così tanto interconnesso sono difficili da prevedere. Quella che all'inizio era vista come una difficoltà nel mercato dei mutui subprime si è rapidamente intensificata e si è diffusa ai mercati del debito di tutto il mondo.
I collegamenti nel mondo finanziario sono di diverso tipo. I sistemi finanziari moderni presentano infatti un forte grado di interdipendenza, con connessioni tra le istituzioni che originano sia dalle attività che dalle passività di bilancio. Per esempio, collegamenti diretti tra le attività sono quelli che risultano dall'esposizione tra banche che sono state acquisite nel mercato interbancario. Le istituzioni possono essere indirettamente connesse per il fatto di possedere dei portafogli con esposizioni simili al rischio. Quando due banche condividono lo stesso bacino di depositanti, esse sono invece collegate in una rete attraverso la parte passiva del bilancio.
L'intricata struttura di connessioni tra le istituzioni finanziarie può essere catturata in maniera naturale usando una rappresentazione a rete del sistema in cui operano. Se ci rifacciamo alla teoria dei grafi e l'applichiamo al contesto finanziario, i nodi saranno rappresentati dalle

singole istituzioni e gli spigoli saranno creati dall'esposizioni reciproche tra di esse, acquisite per esempio sul mercato interbancario come spiegato poc'anzi.

Un approccio ai sistemi finanziari basato sulle reti è particolarmente importante per stimare la stabilità finanziaria e può essere strumentale per cogliere le esternalità che il rischio associato ad ogni singola istituzione può creare per il sistema intero. Una miglior comprensione di tali esternalità, già trattate in sede di questo studio, può infatti facilitare l'adozione di un sistema di misure macro prudenziali per la supervisione e il controllo del rischio sistemico. La regolamentazione che guida le singole istituzioni, oltre a tener conto delle vulnerabilità che emergono dal quadro di interdipendenze nel sistema finanziario, può infatti cercare di prevenire la diffusione di un trigger event a livello globale.

Più in generale, la network analysis può in questo contesto aiutare ad indirizzare le considerazioni che riguardano due tipi di interrogativi: l'effetto di una struttura a rete e il processo di formazione della stessa.

La prima questione racchiude degli aspetti legati all'efficienza sociale, quindi si considerano i processi che avvengono in una rete prestabilita. Per esempio, si può indagare quale sia l'impatto della struttura di un network finanziario sul modo in cui il sistema bancario risponde al contagio. Gli studi hanno dimostrato non solo che le strutture delle reti rispondono in maniera diversa alla propagazione degli shock, ma anche che la fragilità del sistema nel suo complesso dipende dalla posizione nel network dell'istituzione che è stata per prima colpita dall'evento scatenante.

La seconda domanda evidenzia la tensione esistente tra il benessere sociale desiderabile e quello che nasce come risultato delle azioni che gli individui compiono per proprio interesse; è dunque uno studio incentrato propriamente su come le istituzioni finanziarie formano i collegamenti tra loro. Il concetto di rischio sistemico indagato nel primo capitolo di questo studio, così arduamente definibile, può in tale ottica acquisire nuovi elementi conoscitivi. La condivisione del rischio diviene un elemento chiave per comprendere le connessioni tra istituzioni e il congelamento del mercato interbancario che ha caratterizzato la recente crisi. Quando il rischio legato ai prestiti esistenti sul mercato interbancario risulta troppo elevato, i legami diventano troppo costosi rispetto ai benefici che ne dovrebbero derivare.

3.3.1 Il contagio nella Network Theory

L'applicazione in finanza delle ricerche sui network è pertanto in continuo sviluppo, soprattutto per quanto concerne lo studio della stabilità finanziaria e del meccanismo di contagio nel sistema. Gran parte della letteratura si concentra sugli effetti delle reti finanziarie, piuttosto che sul meccanismo con cui esse si formano. Uno degli approcci più utilizzati è quello che cerca di comprendere in che modo le diverse reti rispondano al fallimento di una singola istituzione, tipicamente una banca, al fine di individuare quale sia la struttura più fragile. Proprio l'assenza di evidenze empiriche sul fatto che il contagio sia possibile o meno ha fatto nascere il problema per le banche centrali e per le altre istituzioni incaricate della vigilanza della stabilità dei sistemi finanziari.

Gli economisti studiosi del contagio hanno dunque iniziato a far ricorso a differenti metodi per testare se, dato un particolare insieme di esposizioni al rischio, i fallimenti possano avere un effetto domino. Inizialmente tali simulazioni erano utilizzate per stimare se uno specifico sistema bancario fosse incline al contagio.

Un filone di ricerca parallelo, invece, inserisce il processo di contagio in modelli più articolati per il test degli stress macroeconomici. In tal senso esempi recenti sono il sistema di monitoraggio del rischio sistemico di alcune banche, come quello della Banca Nazionale Australiana (si veda Boss e al., 2006) o il *RAMSI, Risk Assessment Model of Systemic Institutions*, della Banca d'Inghilterra (si veda Alessandri e al., 2009).

Il contagio può avvenire attraverso una moltitudine di canali diversi, come riassunto dalla sottostante TABELLA 3.1. Come accennato essi sono raggruppabili in due grandi categorie, quelli che nascono tra le attività di bilancio delle istituzioni (*Asset Side)* e quelli che invece derivano da collegamenti che sorgono dal lato delle passività (*Liability Side)*.

Da questa categorizzazione derivano in linea quasi automatica due diversi approcci di analisi al contagio: quella che considera i diversi canali di propagazione in maniera indipendente e quello che invece pensa ad essi come ad un'entità unica che determina degli effetti complessivi sul sistema finanziario.

La scelta dipenderà fondamentalmente dallo scopo della nostra analisi. Se l'interesse fosse quello di verificare se il contagio sia o meno possibile, allora l'osservazione indipendente dei diversi canali di contagio potrà rivelarsi meno utile rispetto all'analisi degli effetti globali del fallimento di un singolo istituto.

Channel	References
Liability side	
Bank runs	
Multiple equilibria/fear of other withdrawals	Diamond and Dybvig (1983), Temzelides (1997), Goldstein and Pauzner (2004)
Common pool of liquidity	Aghion et al. (2000), Acharya and Yorulmazer (2008b), Diamond and Rajan (2005), Brunnermeier and Pedersen (2009)
Information about asset quality	Chen (1999), Acharya and Yorulmazer (2008a)
Portfolio rebalancing	Kodres and Pritsker (2002)
Fear of direct effects	Dasgupta (2004), Iyer and Peydró-Alcalde (2005), Lagunoff and Shreft (2001), Freixas et al. (2000)
Strategic behaviour by potential lenders	Acharya et al. (2008)
Asset side	
Direct effects	
Interbank lending	Rochet and Tirole (1996), *studies reviewed in this paper*
Payment system	Humphrey (1986), Angelini et al. (1996), Bech and Garratt (2006)
Security settlement	Northcott (2002)
FX settlement	Blavarg and Nimander (2002)
Derivative exposures	Blavarg and Nimander (2002)
Equity cross-holdings	
Indirect effects	
Asset prices	Cifuentes et al. (2005), Fecht (2004)

TABELLA 3.1: Possibili canali di contagio nel sistema bancario (Fonte: *"Simulation methods to assess the danger of contagion in interbank markets", Christian Upper, JFS-161, 2010)*

Qualora invece ci muovessimo in un ottica di prevenzione del rischio di contagio, allora la conoscenza specifica dei singoli canali di diffusione degli shock acquisterebbe un'importanza vitale. La stessa scelta della politica governativa e dei sistemi di monitoraggio più adatti ne saranno influenzati.

Se ci poniamo nella prospettiva di discernere un canale dall'altro, risulterà poi necessario scegliere quale sia tra di essi il meccanismo di propagazione del rischio con maggior peso. Soprattutto, sarà indispensabile capire se concentrarsi o meno sul canale diretto dovuto all'esposizione interbancaria quale principale causa di diffusione di un trigger event, in opposizione ad ogni altro canale di contagio.

Le evidenze in tal senso non sono tuttavia decisive: questo significa o che tale canale non è così rilevante, e può dunque essere ignorato, o che pur essendo "teoricamente" rilevante non si sono nel concreto mai verificati fallimenti globali per l'intervento di salvataggi governativi. Tuttavia, poiché i salvataggi governativi possono portare alla diffusione del moral hazard, spesso vengono attuate misure ex ante per limitare gli effetti del contagio, al fine di incrementare il benessere sociale.

I casi di salvataggi di istituzioni finanziarie per la prevenzione di fenomeni di contagio, da esposizioni dirette o meno, sono molti; solamente nella crisi del 2007-2009 il governo è intervenuto in soccorso di quasi tutte le istituzioni di rilievo che erano in procinto di fallire, con l'eccellente eccezione della Lehman Brothers, alla cui bancarotta nel settembre 2008 è seguita la crisi finanziaria mondiale di cui si è ampiamente discusso.

L'effetto domino degli eventi dovuti ad un meccanismo di contagio diretto può inoltre innescare inoltre fenomeni di contagio indiretto, quali per esempio il già citato *"bank run"*, in cui la perdita di fiducia e la paura dei depositanti rispetto al possibile fallimento di una banca scatena una corsa agli sportelli per prelevare i fondi, innescando indirettamente un problema di liquidità che può poi diffondersi a livello sistemico[44].

Il contagio diretto può avvenire esclusivamente se le esposizioni interbancarie sono abbastanza grandi rispetto al capitale prestato. Come si vede in FIGURA 3.2 questo è certamente quello che avviene nella maggior parte dei casi. I mutui e i prestiti alle banche, una misura che esclude l'esposizione attraverso il possesso incrociato di garanzie e strumenti finanziari estranei al bilancio, non solo giustificano una proporzione sostanziale delle attività totali di molte delle banche degli 8 principali stati mondiali (lato sinistro del grafico), ma sono inoltre in quantità maggiori rispetto al capitale dei finanziatori (lato destro).

In accordo con la banca dati della Bankscope, alla fine del 2006 la mediana delle attività interbancarie degli istituti considerati eccedeva il capitale di 5 tra gli 8 paesi sviluppati. Per molte banche europee, le attività interbancarie eccedevano il capitale in proporzione di 5 a 1 o più.

[44] Si veda DASGUPTA, 2004; IYER E PEYDRÓ-ALCALDE, 2005.

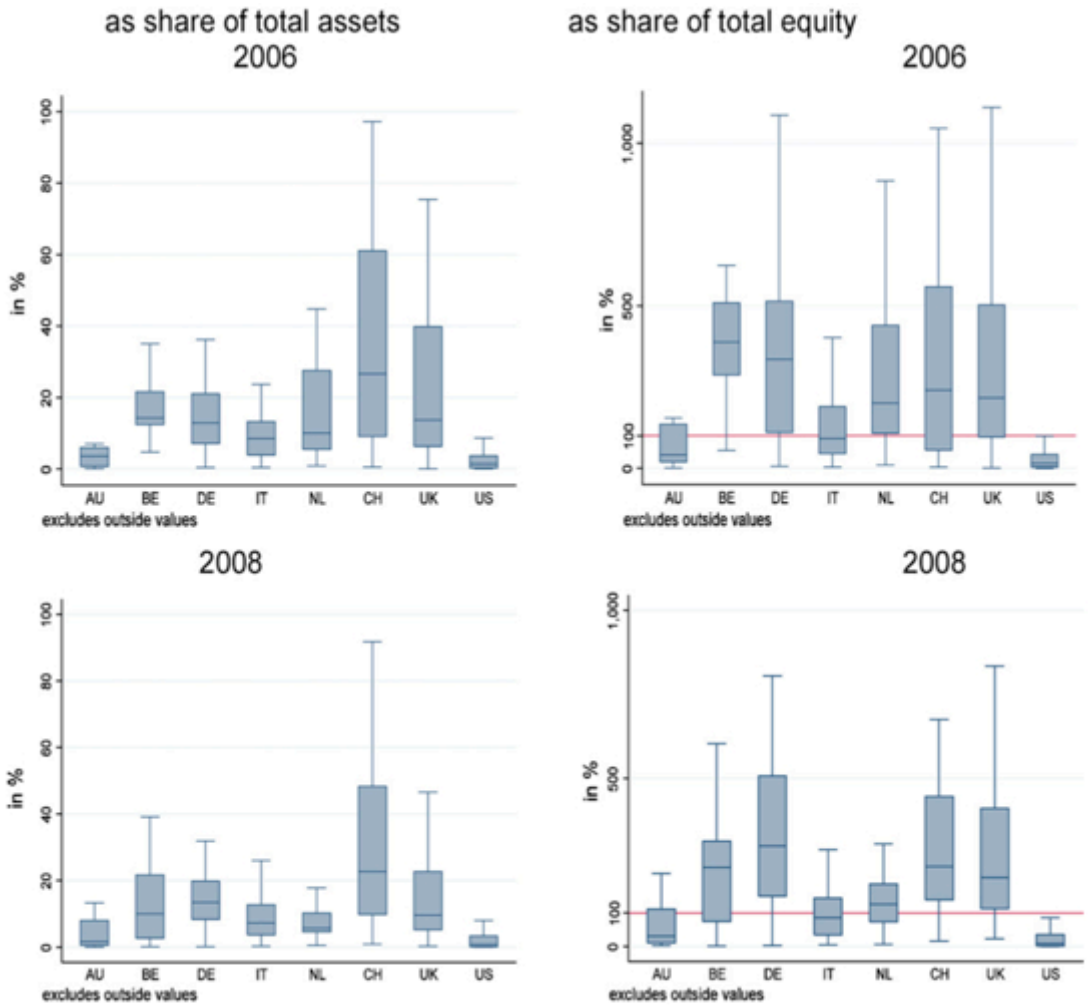


FIGURA 3.1: Prestito interbancario. Il box plot mostra due mediane, il primo (Q1) e il terzo quartile (Q3), e i limiti inferiori e superiori della distribuzione del tasso di prestito specifico per i diversi paesi.
(Fonte: "*Simulation methods to assess the danger of contagion in interbank markets", Christian Upper, JFS-161, 2010)*

Tipicamente dunque gli studi sul contagio che fondano sulla teoria delle reti si basano su due approcci: l'analisi dei collegamenti diretti e quella dei collegamenti indiretti tra i bilanci delle istituzioni finanziarie.

Parlando del primo orientamento, la letteratura ha dimostrato come delle reti incomplete siano più inclini al contagio rispetto a strutture complete. Tra gli autori che hanno esaminato in che modo il sistema bancario risponde al contagio quando le istituzioni sono collegate in un sistema a rete spiccano Allan e Gale (2000), Diamond e Dybvig (1983) e altri. I risultati ottenuti evidenziano che network meglio connessi sono più resistenti, perché la proporzione delle perdite nel portafoglio di una banca sono trasferite a più banche attraverso gli accordi interbancari.

In particolare Allen e Gale esaminano un sistema bancario costituito da quattro istituti legati tra loro e all'interno di questo considerano diverse strutture di prestito, come raffigurato nella FIGURA 3.2. Lo studio mostra come tali strutture sottoposte ad uno stesso shock rispondano in maniera opposta, alcune sviluppando il contagio, altre no. Le strutture che essi definiscono "complete", intendendo che in esse ogni singolo istituto bancario abbia esposizioni simmetriche con tutti gli altri (sezione a, figura 3.2), saranno molto più resistenti rispetto alle strutture "incomplete" (sezione b, figura 3.2). Inoltre le strutture complete si sono dimostrate essere più resilienti al contagio anche rispetto alle cosiddette strutture "disconnesse" (sezione c, figura 3.2); quest'ultime, tuttavia, grazie alla loro conformazione riescono a prevenire che il meccanismo di contagio si diffonda a tutte le banche del network considerato.

L'ultimo tipo di struttura che compare nella figura 3.2, sezione d, è quella che presenta una banca che funge da unico centro per quanto concerne la gestione della moneta, con le istituzioni periferiche legate ad essa ma non tra di loro. Freixas et alt. (2000) hanno dimostrato come il contagio in tale categoria di rete dipenda fortemente dai valori che i parametri del modello assumono nel caso specifico.

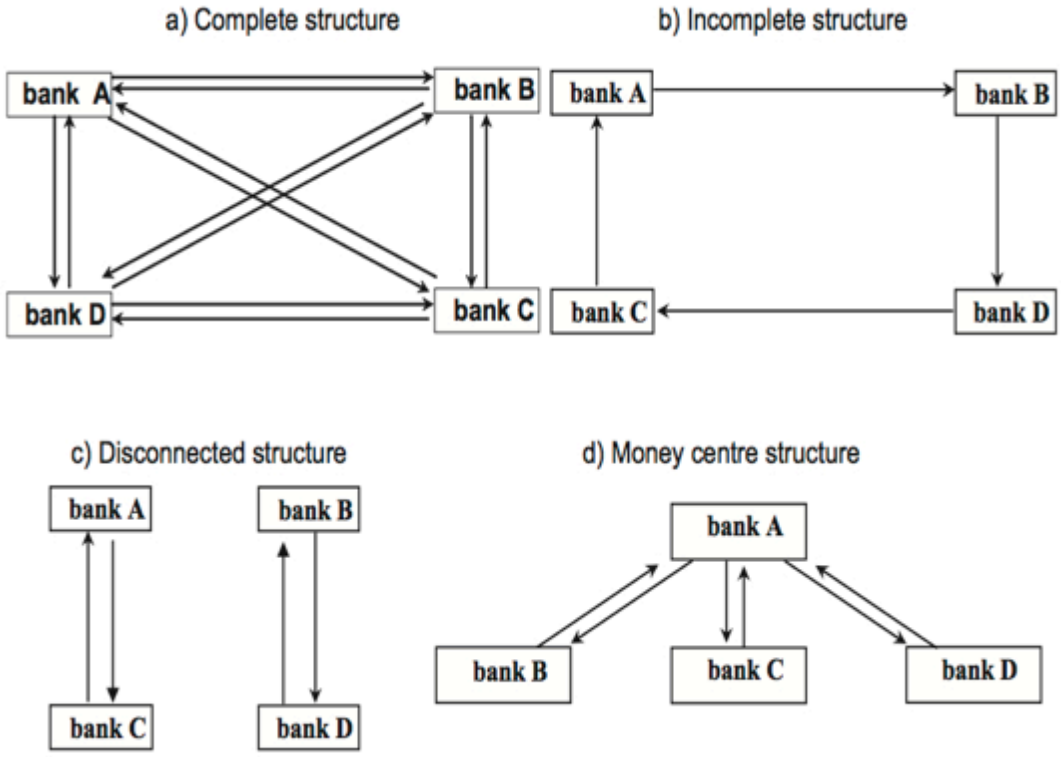


FIGURA 3.2: Le diverse strutture di prestito analizzate da Allen e Gale. (Fonte: *"Financial Contagion", Allen e Gale, The Journal of Political Economy, V108 Is, 2000)*

È chiaro che considerare tale modello teorico come perfettamente applicabile alle reti finanziarie presenti nel mondo reale sia del tutto utopistico. È qui che entrano in gioco tutte le considerazioni fatte sul nuovo orientamento della Network Theory, che considera le reti del mondo reale come strutture dinamiche e continuamente in evoluzione, con un grado di complessità sempre maggiore, che richiedono approcci di studio più flessibili e vasti.

La ricerca che ne è seguita, mediante l'utilizzo di modelli di diverso tipo, si è concentrata soprattutto sulle esternalità che il rischio a cui una singola banca è sottoposta introduce nel sistema. Uno shock di liquidità, come abbiamo visto, provoca esternalità negative come il contagio informativo, la difficoltà di accesso al credito, etc., che dalla singola banca possono diffondersi alla rete attraverso le connessioni interbancarie.

Queste connessioni hanno dunque due ruoli cardine per quanto riguarda il contagio "diretto". Se da un lato infatti sono il canale di propagazione degli shock da una singola istituzione alla catena completa, d'altro canto possono fungere da paracadute per il sistema, in quanto la qualità e la quantità delle connessioni riduce il rischio di contagio. Secondo Freixas, Parigi e Rochet (2000), che analizzano le banche che affrontano problemi di liquidità dovuti all'incertezza che riguarda il comportamento dei depositanti, tali connessioni si formano attraverso le linee di credito interbancario, che permettono di assorbire meglio uno shock di liquidità.

Questo però porta a sua volta ad un'altra conclusione, ottenuta da Allen e Gale nel loro studio: il fatto che più connessioni rafforzino il sistema rispetto agli effetti negativi del fallimento di una singola istituzione fa si che vi sia la resilienza alla chiusura delle banche inefficienti. Ecco che la ricerca di stabilità del sistema pregiudica il raggiungimento di una massima virtù economico finanziaria dello stesso.

Ma ovviamente non sono solo le banche ad essere soggette al contagio, bensì tutte le istituzioni finanziarie che compongono il mercato di riferimento. Cummins, Doherty e Lo (2002) hanno mostrato come anche la struttura del mercato assicurativo possa essere causa di contagio finanziario. Fondi di garanzia statali sono chiaramente fondati sull'allocazione dei crediti insoluti verso altri enti assicuratori solventi, in base a proporzioni specifiche basate sui premi netti sottoscritti dagli stessi. Un network di tal genere tuttavia limita la capacità del settore assicurativo di assorbire gli effetti di un forte shock, in quantità molto minore rispetto al totale valore del capitale azionario del settore.

Parallelamente sono nati nuovi metodi di ricerca basati sul linguaggio matematico e sulla fisica teorica. Tra questi emergono alcuni lavori, come quello Eisemberg e Noe (2001), che studiano il fallimento di istituzioni che condividono un unico meccanismo compensatorio, e

ancor più le conclusioni di Gai e Kapadia (2007), che utilizzano un modello di contagio nelle reti finanziarie basato su quello epidemiologico di diffusione delle malattie, fino a dimostrare come la fragilità del sistema dipenda da fattori quali le riserve di capitale nelle banche, il grado di connessione e la liquidità di mercato per attività bancarie fallite.

Come accennato esiste poi un approccio differente, quello che prende in esame l'impatto dei collegamenti indiretti sul processo di contagio. La letteratura in merito è giunta ugualmente all'evidenza che i sistemi finanziari sono per loro natura inevitabilmente fragili. Tale fragilità non è una caratteristica che nasce esclusivamente in via esogena, cioè dall'esposizione delle istituzioni finanziarie a fattori di rischio sistemico comune, come per esempio lo scoppio della bolla immobiliare del 2007; essa si sviluppa altresì endogenamente al sistema, per esempio a causa della cessione obbligata di alcune attività bancarie, che portano ad una caduta dei prezzi, innescando quel processo di "asset price effect" e di spirale delle perdite precedentemente analizzato.

Tra gli studi di questo filone ricordiamo quello condotto da Legunhoff e Schreft (2001), basato su un modello che considera i legami tra gli agenti in termini di rendimenti dei portafogli, che gli autori presumo essere dipendenti dall'allocazione del portafoglio degli altri agenti. Quando dunque si verifica uno shock, gli agenti che lo subiscono riallocano il loro portafoglio, portando così alla rottura di alcuni legami. Questo può a sua volta condurre a una crisi finanziaria graduale, dovuta alla spirale delle perdite che si innesca, oppure ad una crisi fulminea che si innesca quando gli agenti capaci di previsione riescono a spostarsi verso portafogli più sicuri per evitare le perdite dovute al contagio. Anche Vries (2005) giunge a sostenere che vi sia una relazione tra i portafogli delle banche e la possibilità di una crisi finanziaria.

Quanto detto fin ora concerne con la prima delle due questioni che ci siamo posti all'inizio di questo capitolo, cioè quella relativa all'effetto che una struttura a rete può avere sulla possibilità di contagio. Rimangono ora da chiarire gli aspetti relativi alla seconda questione, cioè quella riguardante il processo di formazione dei network finanziari.

Possiamo a tal proposito rifarci a due studi in particolare. Il primo è quello condotto da Babus (2007), che propone un modello in cui i collegamenti che le banche formano tra loro sono visti come una sorte di meccanismo assicurativo per contenere il rischio di contagio. Il processo di formazione della rete si basa dunque su quanto già intuito da Allen e Gale, cioè che più i network sono ramificati e maggiore è la resistenza degli stessi al contagio. Babus formula l'esistenza di una soglia di connettività raggiunta la quale il contagio non dovrebbe essere possibile, identificando dunque nel raggiungimento di tale soglia la determinante del

processo di formazione delle reti da parte delle banche. Esse non andranno tuttavia oltre tale soglia, in quanto la formazione di legami comporta pur sempre un costo.
Il secondo contributo teorico che risulta utile al fine della comprensione di questo argomento è quello di Castiglionesi e Navarro (2007). Essi sostengono come la fragilità nasca quando banche con una capitalizzazione non sufficiente iniziano a scommettere con i soldi dei depositanti. Quando la probabilità di fallimento è invece bassa, la soluzione migliore per contenere il rischio di contagio è quello di formare le reti attraverso la decentralizzazione delle stesse.
A tali indagini teoriche si sono poi affiancati numerosi studi empirici riguardanti i sistemi bancari nazionali, che hanno cercato prove di default di istituzioni finanziarie che abbiano portano a contagio, derivanti dalla catena di credito che lega le une alla altre. I dati maggiormente usati per questo tipo di analisi sono solitamente quelli presenti nel bilancio e il procedimento tipico è quello della simulazione del fallimento di una singola banca per testare la stabilità del mercato interbancario. Tutti gli articoli così strutturati[45] giungono a dimostrare che in generale i sistemi bancari hanno una forte resistenza al contagio, anche quando colpiti da forti shock.
Tali risultati sono ovviamente influenzati dal metodo di stima delle esposizione del credito sul mercato interbancario, che costituiscono la connessione tra gli istituti e che, come detto, sono calcolati di norma sulla base di dati di bilancio. L'esposizione tra le banche è solitamente ipotizzata sotto l'assunzione che tali istituti distribuiscano i loro prestiti in maniera più possibile omogenea, cioè con il metodo di massima entropia. Tale presupposto può tuttavia persistere solo in un contesto di rete completa, dunque potranno esserci delle distorsioni dei risultati: ciò è confermato anche da Mistrulli (2007), che dimostra come il metodo di massima entropia crei una sottostima della dimensione del contagio finanziario.

3.3.2 Il congelamento del mercato interbancario

Come descritto, dunque, la ricerca teorica ed empirica riguardante le diverse forme di contagio nei modelli a rete ha visto crescere un grande attenzione da parte della letteratura in materia ed è stata fortemente sviluppata a tutto tondo. Tuttavia tutte le conoscenze acquisite

[45] UPPER E WORMS (2004) per il sistema bancario tedesco; SHELDON E MAURER (1998) per il sistema svizzero; COCCO, GOMES E MARTINS (2009) per il Portogallo; FURFINE (2007) per il gli Stati Uniti; WELLS (2004) per il Regno Unito; BOSS E AL. (2004) per il sistema bancario austriaco; DEGRYSE E NGUYEN (2007) per il Belgio.

non si sono comunque rilevate sufficienti per prevedere e comprendere a priori quello che è realmente successo nell' Agosto 2007, cioè l'esaurimento completo del mercato interbancario. Nonostante i tassi d'interesse fossero molto elevati, spesso fuori dal range dettato dalla banche centrali, molte istituzioni non riuscivano a prendere a prestito con scadenze di breve termine.

È nato dunque in ambito di studio il problema relativo alla possibile applicazione dei modelli teorici di contagio visti fino ad ora: possono questi essere utili a comprendere il fenomeno che si è verificato, o vi è la necessità di elaborarne degli altri?

Nonostante alcuni autori avessero in qualche modo considerato la possibilità di stallo del mercato interbancario dovuto, per esempio, ad un collasso nel sistema dei pagamenti[46], tali teorie non sono applicabili al caso concreto. All'inizio della crisi finanziaria del 2007-2009, infatti, i sistemi di pagamento non erano in blocco, e il flusso di liquidità era regolarmente garantito. Pertanto per comprendere il fenomeno del congelamento interbancario bisogna ricorrere a nuove considerazioni.

Tra i possibili modi di procedere vi è quello di studiare la formazione delle reti rifacendosi alla teoria dei giochi, quindi analizzando tutte le possibilità per giungere all'equilibrio. Un tale tipo di modello è stato proposto da Ana Babus (2007). Secondo lei la formazione endogena di una rete funziona bene e porta all'efficienza; se tuttavia vengono introdotti degli elementi di attrito, è possibile che anche piccoli cambiamenti esogeni nella composizione del rischio possano avere effetti importanti nel mercato interbancario, forzando gli agenti che vi operano a ritirarsi progressivamente dal network.

Un altro contributo che può rivelarsi funzionale allo scopo è quello di Karlan, Mobius, Rosenblat e Szeidl (2009), che in uno studio sulla Social network Analysis hanno proposto un modello di concessione di credito in cui le relazioni tra individui assumono la funzione di garanzie sociali. I risultati da loro ottenuti evidenziano come in una rete ricca di connessioni il capitale che può essere preso a prestito non può eccedere il valore più basso di un collegamento tra due agenti.

Tali considerazioni di origine prettamente sociale possono però trovare applicazione anche nelle analisi del mercato interbancario. In tale contesto, le relazioni tra individui vengono sostituite dai prestiti che le banche hanno tra loro, esposizioni che evolvono nel tempo. Inoltre la rete esistente tra loro rappresenta la garanzia che esse potranno formare un altro network in futuro. In tale scenario, una diminuzione nel valore della garanzia può scatenare un effetto

[46] Si veda FREIZAS, PARIGI E ROCHET (2000)

avverso sul processo di formazione dei collegamenti futuri. Ad un piccolo shock potrà quindi seguire una caduta rilevante nelle attività di ottenimento e concessione dei prestiti all'interno della rete.

CAPITOLO 4

IL MODELLO EMPIRICO D'ANALISI

4.1 Introduzione - 4.2 Le diverse misure di connettività – 4.2.1 Le Centrality Measures - 4.3 La creazione del modello – 4.3.1 La scelta degli indici – 4.3.2 La scelta dei dati – 4.3.3 La scelta del modello - 4.4 Analisi e risultati– 4.4.1 Riassunto dei risultati ottenuti

4.1 INTRODUZIONE

La trattazione fatta nel capitolo appena concluso, seppur necessariamente breve e non sufficiente ad esaurire la pretesa di completa conoscenza dell'argomento, è tuttavia capace quanto meno di tracciare i confini entro cui la teoria delle reti si è mossa negli ultimi anni.
Alla proliferazione dei modelli teorici descritti si è affiancata però anche la sempre più frequente formulazione di strumenti pratici per l'analisi delle reti, con modelli di vario tipo proposti a titolo di mezzi conoscitivi e, sperabilmente, predittivi. L'analisi di ampie basi dati ha acquisito sempre maggiore importanza e le indagini in campo statistico ed econometrico sono spesso divenute la base di studi di grande importanza settoriale.
Per studiare la salute del sistema finanziario le analisi basate sui modelli a rete propongono, come visto, di mettere al centro dell'attenzione i legami esistenti tra i diversi attori, per capire come questi possano influenzare il processo di propagazione del rischio. I modelli empirici di analisi cercano appunto di esprimere questi legami in maniera quantitativa, andando a scegliere delle informazioni che possono per tal fine essere adatte. Ecco che ad esempio i valori di bilancio di un istituto finanziario passano dall'essere informazioni che fotografano lo stato di benessere della singola organizzazione, al configurarsi come potenziale fonte di dati da utilizzare per indagare la stabilità del sistema finanziario globale e per testare il suo grado di resilienza alla propagazione di uno shock.
È importante sottolineare come in passato le considerazioni relative al rischio sistemico e alla sua propagazione erano quasi esclusivamente indirizzate alle banche, considerate alla stregua di enti accentratori di tutte le attività finanziarie. Ma se tale idea poteva una volta avere quantomeno delle basi ideologiche, ad oggi risulta del tutto inappropriata. Lo straordinario sviluppo di nuovi prodotti finanziari, pensati ad hoc per ogni tipo di finalità, ha aggiunto numerosi gradi di complessità al sistema, rendendo necessario la crescita, sia in termini di

importanza del ruolo, che in termini di numero vero e proprio, di molti altre tipologie di istituzioni. Le banche, seppur ricoprano ancora un ruolo fondamentale, devono tuttavia quasi obbligatoriamente avere legami con altri istituti, dalle assicurazioni ai fondi speculativi di investimento. La complessità dei prodotti finanziari moderni è dunque rispecchiata dalla crescita di complessità delle istituzioni stesse che li emettono; qualsiasi studio che miri alla comprensione dei collegamenti all'interno del sistema finanziario dovrà tenerne conto.

Tali premesse ci permettono di inquadrare quanto verrà di seguito proposto nell'ultimo capitolo di questo studio. Esso sarà infatti dedicato all'implementazione di un piccolo modello statistico econometrico che abbia lo scopo di evidenziare la relazione tra le maggiori istituzioni finanziarie di un determinato contesto geografico, da individuarsi nell'eurozona allargata. Il modello riprende il lavoro affrontato in altri studi, in particolare quello di Billio, Getmansky, Lo e Pelizzon (2011), poi considerato anche da Francesco Cusin nella sua tesi di laurea specialistica[47]. Il modello sviluppato in questo studio utilizzerà infatti la stessa base dati, seppur con alcune differenze, come vedremo in seguito. Come accennato, tali dati utilizzati riguardano tre tipi di istituzioni: Banche, Assicurazioni ed Hedge Fund. Lo scopo dell'analisi è quello di osservare le connessioni tra questi istituti, sia all'interno di un singolo gruppo, sia considerandole insieme, prima ogni coppia e poi tutte insieme. Si evidenzieranno inoltre come tali collegamenti variano nel tempo, considerando periodi di osservazione diversi, al fine di interpretare i risultati in chiave di quanto detto fin ora e di provare a tracciare delle linee di tendenza.

Per farlo si dedicherà la prima parte di questo capitolo ad una breve spiegazione dei principali indici di connessione utilizzati per lo studio dei mercati finanziari, concentrandosi nello specifico su quelli che verranno impiegati nel nostro studio. Si passerà poi all'esplicazione del modello vero e proprio: si illustrerà il modello, per poi entrare nello specifico con la discussione relativa ai dati utilizzati in questo studio. Si testeranno le ipotesi fondamentali per vedere se il modello è effettivamente corretto e significativo, per arrivare così all'ottenimento, con relativa interpretazione, dei risultati.

[47] "Misure di rischio sistemico e connettività nei mercati finanziari: analisi del mercato europeo", anno accademico 2001-2012

4.2 LE DIVERSE MISURE DI CONNETTIVITÀ

Gli strumenti analitici di rete sono ormai diffusamente utilizzati per rappresentare gli agenti finanziari (i nodi) e le loro relazioni (spigoli) nel network considerato e per analizzare moltissime informazioni del network stesso. Grazie allo sviluppo di software di analisi sempre più complessi e strutturati è possibile comparare dati di provenienza e formato diversi, permettendo di considerare network anche molto grandi.

Ma come operano questi software nello specifico? Come, cioè, possono restituire una misura del collegamento tra agenti finanziari a partire da dati grezzi? Per farlo utilizzano le cosiddette misure di connettività, cioè degli indici statistici che danno diverse informazioni sul grado di connessione tra i soggetti considerati. Grazie ad algoritmi specifici quindi i dati iniziali, che come detto sono spesso dati ascritti a bilancio o comunque indici comunemente utilizzati nelle valutazioni degli istituti finanziari, sono tradotti in informazioni circa la rete nel suo complesso.

Le misure sviluppate dal filone della Network Theory sono molte e diverse, ognuna con proprie caratteristiche che le rendono adatte a diversi contesti e scopi. La sottostante TABELLA 4.1 fornisce una buona idea di questa grande varietà di indici. Tutti questi indici sono a loro volta raggruppati dalla letteratura in diverse macro categorie; i criteri di classificazione sono molti e non univoci, a seconda che dei parametri considerati.

Metrics (measures) in social network analysis

Betweenness

> The extent to which a node lies between other nodes in the network. This measure takes into account the connectivity of the node's neighbors, giving a higher value for nodes which bridge clusters. The measure reflects the number of people who a person is connecting indirectly through their direct links.[19]

Bridge

> An edge is said to be a bridge if deleting it would cause its endpoints to lie in different components of a graph.

Centrality

> This measure gives a rough indication of the social power of a node based on how well they "connect" the network. "Betweenness", "Closeness", and "Degree" are all measures of centrality.

Centralization

> The difference between the number of links for each node divided by maximum possible sum of differences. A centralized network will have many of its links dispersed around one or a few nodes, while a decentralized network is one in which there is little variation between the number of links each node possesses.

Closeness

The degree an individual is near all other individuals in a network (directly or indirectly). It reflects the ability to access information through the "grapevine" of network members. Thus, closeness is the inverse of the sum of the shortest distances between each individual and every other person in the network. (See also: Proxemics) The shortest path may also be known as the "geodesic distance".

Clustering coefficient

A measure of the likelihood that two associates of a node are associates themselves. A higher clustering coefficient indicates a greater 'cliquishness'.

Cohesion

The degree to which actors are connected directly to each other by cohesive bonds. Groups are identified as 'cliques' if every individual is directly tied to every other individual, 'social circles' if there is less stringency of direct contact, which is imprecise, or as structurally cohesive blocks if precision is wanted.[20]

Degree

The count of the number of ties to other actors in the network. See also degree (graph theory).

(Individual-level) Density

The degree a respondent's ties know one another/ proportion of ties among an individual's nominees. Network or global-level density is the proportion of ties in a network relative to the total number possible (sparse versus dense networks).

Flow betweenness centrality

The degree that a node contributes to sum of maximum flow between all pairs of nodes (not that node).

Eigenvector centrality

A measure of the importance of a node in a network. It assigns relative scores to all nodes in the network based on the principle that connections to nodes having a high score contribute more to the score of the node in question.

Local bridge

An edge is a local bridge if its endpoints share no common neighbors. Unlike a bridge, a local bridge is contained in a cycle.

Path length

The distances between pairs of nodes in the network. Average path-length is the average of these distances between all pairs of nodes.

Prestige

In a directed graph prestige is the term used to describe a node's centrality. "Degree Prestige", "Proximity Prestige", and "Status Prestige" are all measures of Prestige. See also degree (graph theory).

Radiality

Degree an individual's network reaches out into the network and provides novel information and influence.

Reach

The degree any member of a network can reach other members of the network.

Structural cohesion

The minimum number of members who, if removed from a group, would disconnect the group.[21]

Structural equivalence	
	Refers to the extent to which nodes have a common set of linkages to other nodes in the system. The nodes don't need to have any ties to each other to be structurally equivalent.
Structural hole	
	Static holes that can be strategically filled by connecting one or more links to link together other points. Linked to ideas of social capital: if you link to two people who are not linked you can control their communication.

TABELLA 4.1: Indici di connessione sistemica. (Fonte: *"Social Network Analysis – Theroy and applications, http://train.ed.psu.edu/WFED-543/SocNet_TheoryApp.pdf)*

Tra questi criteri ve n'è uno che identifica tre sovra strutture cardine di misurazioni: quelle che raggruppano le misure basate sui collegamenti tra istituzioni, quelle che fondano sulla distribuzione dei dati e infine quelle che considerano la cosiddetta segmentazione del network.

Poiché la terminologia che viene adoperata potrebbe causare confusione, è importante sottolineare come tutti gli strumenti di misurazione di cui stiamo parlando siano tipici della network analysis, cioè essi sono utilizzati per cercare di cogliere quanto gli istituti siano effettivamente connessi l'un l'altro. Il fatto che alcune misure siano state definite come basate sulla distribuzione, piuttosto che sulla segmentazione, non deve far erroneamente pensare che esse sottendano ad un diverso campo d'indagine; restano comunque misure di connettività tra i nodi di una specifica rete. Detto questo sarà possibile illustrare brevemente le tre categorie appena citate, senza rischiare di creare incomprensioni.

La prima categoria, quella basata sulle caratteristiche delle connessioni, raggruppa cinque tipologie fondamentali di misure. (1) L' "*Homophily*", letteralmente "omofilia", è un concetto mutuato direttamente dalla SNA ed esprime l'idea che ogni attore formi legami esclusivamente con i propri simili, contro ogni tipo di diversità. Le similitudini possono essere rappresentate da molte caratteristiche, come il genere, il sesso, la razza, ma anche il valore o il tipo di attività. Questa misura è strettamente connessa alla cosiddetta "*assortativity*", cioè una misura di diversità delle reti, che quantifica la tendenza dei nodi a collegarsi con altri che hanno un numero simile di archi, il che permette di individuare precisi schemi di relazione. (2) La "*Multiplexity*" misura invece il numero di legami completi tra due nodi: nel caso per esempio di due persone che sono amiche, ma lavorano anche insieme, tale misura assumerà valore 2. Secondo Portes (1995), tale indice è importante anche per indicare

il grado in cui le relazioni tra gli attori includono la sovrapposizione di più sfere istituzionali, ovvero l'appartenenza contemporanea a più reti. (3) La "mutualità/reciprocità", che misura fino a quanto due attori hanno relazioni effettivamente simmetriche, cioè fino a che punto un qualsiasi legame, di amicizia o altro, da un soggetto ad un altro è contraccambiato dal secondo soggetto. (4) La "*Network Closure*" è da intendersi come il grado di chiusura di una rete, ma non in senso di impossibilità di relazione con chi è esterno ad essa, bensì come completezza dei legami tra una triade qualsiasi di soggetti all'interno. In quest' ottica si guarda alla facilità con cui la connessione tra due attori porta ad una connessione tra uno dei due ed un terzo: si utilizza in questo caso il concetto di "transitività" per esprimere un alto grado di network closure. (5) La *"Propinquity"*, cioè la "prossimità", esprime la tendenza degli attori ad avere più legami con soggetti geograficamente più vicini, dunque è una misura di vicinanza spaziale tra i nodi della rete.

La seconda categoria è quella basata sulla distribuzione, che racchiude un numero più ampio di indici di misurazione. Tra tutti, compare anche il gruppo di misure che ricoprono maggiore importanza nella nostra analisi, cioè le misure di "*Centrality*", cioè di centralità, che verranno analizzate nello specifico nel prossimo paragrafo. Oltre a queste, altri indici rilevanti basati sulla distribuzione sono: (1) l'indice*"Bridge"* : un nodo viene definito ponte quando i suoi legami colmano un vuoto strutturale, cioè se esso è l'unico collegamento tra due attori o tra gruppi di attori; (2) la *"Density"*, cioè la misura di densità che indica il livello generale di connessione tra diversi punti di un network, andando a considerare la proporzione dei legami diretti in una rete rispetto al numero totale di legami possibili; (3) la *"Distanza"*, cioè il numero minore di collegamenti richiesti per unire due nodi[48] ; (4) l'indice cosiddetto dei *"Buchi strutturali",* che si riferisce alla mancanza di collegamenti tra due parti di un network. Tale indice può dare un forte vantaggio competitivo all'imprenditore, concetto sviluppato tra gli altri da Ronald Burt già nel 1995, nel libro "Structural Holes: The Social Structure of Competition"; (5) la *"Strenght"*, cioè letteralmente la "forza", che è definita come la combinazione lineare di tempo, intensità emotiva, intimità e reciprocità (mutuality), è associata appunto alla forza dei legami tra i diversi soggetti.

Infine, prima di passare ad analizzare più specificatamente gli indici di centralità, vi è la categoria di misure basate sulla cosiddetta segmentazione della rete. I gruppi sono in questo caso identificati come "cliques" (sottogruppi coesi, ossia sottografi massimali composti di tre o più nodi) se gli individui che li compongono interagiscono in maniera diretta e molto

[48] Si veda a riguardo per esempio la teoria del piccolo mondo di Stanley Milgram e i c.d. "sei gradi di separazione"

intensa con ogni altro soggetto della rete, come "cerchia sociale" se c'è meno rigidità nei legami, se essi sono più imprecisi, o infine come "gruppi strutturalmente coesi" se vi è una grande precisione nelle caratteristiche di ogni connessione tra singoli soggetti e tra soggetti e gruppi. Tra le misure di questa categoria la più rilevante è sicuramente il *"Clustering coefficient"*, cioè il coefficiente di aggregazione, che misura la probabilità che due soggetti associati ad uno stesso nodo siano collegati tra loro. Altro indice è quello di *"Cohesion",* coesione, che esprime il grado con cui due attori sono connessi tra loro da legami diretti di coesione, cioè quelli che legano sia singoli individui in un gruppo, che ogni individuo al gruppo come insieme; si parla infatti anche di coesione strutturale.
Una piccola digressione. In una tale contesto di complessità è ovvio che l'interpretazione dei risultati è tutt'altro che intuitiva, perciò acquisiscono importanza anche altri strumenti quali per esempio la rappresentazione grafica dei network, che permette di migliorare la comprensione dei dati e di trasmettere i risultati dell'analisi.
Molti software di analisi hanno moduli specifici per la visualizzazione delle strutture di rete: i dati sono raffigurati attraverso punti (nodi) e linee che li uniscono (spigoli) in diverse forme, colori, dimensioni.
Se una volta la rappresentazione tramite grafi era quella più utilizzata, questa risulta in realtà non molto facile da leggere, a causa della complessità dei network moderni, e non permette un' interpretazione intuitiva dei risultati. Molti nuovi metodi sono infatti stati sviluppati al fine di rappresentare i dati di rete in maniera più funzionale (ad esempio il "Sociomapping").

4.2.1 Le Centrality Measures

Come brevemente accennato, le misure di centralità sono quelle più importanti al fine della nostra indagine, pertanto meritano una spiegazione più approfondita e dettagliata. Esse infatti si riferiscono ad un gruppo di indici che hanno lo scopo di quantificare l'importanza e l'influenza (in vari sensi) di un particolare nodo all'interno di un network. Essi risultano pertanto i migliori indici di analisi basata sulle reti per quanto concerne i sistemi finanziari, perché sono funzionali a capire come una singola istituzione, sia essa una banca, una compagnia assicurativa, etc., possa influenzare le altre a cui è connessa. In particolare, risultano adatti a capire se uno shock dovuto ad un evento scatenante che colpisce quell'istituzione possa propagarsi, per le caratteristiche dei collegamenti della rete, anche agli altri soggetti del sistema, creando la diffusione del rischio sistemico e il contagio.

All'interno della teoria dei grafi e dei modelli di network analysis vi sono diverse misure di centralità di un vertice all'interno della rete, che determinano come detto la sua importanza relativa rispetto al sistema. Tuttavia gli indici più frequentemente utilizzati e meglio sviluppati sono quattro: "degree centrality", "betweenness centrality", "closeness centrality" e "eigenvector centrality".
Vediamo nello specifico ognuna di queste misure.

1. Degree Centrality

La prima, e la più semplice, è la degree centrality: essa è definita come il numero di collegamenti che incidono su un nodo (cioè il numero di legami che un nodo ha). Tale misura fornisce dunque una stima generale della struttura del grafo: serve, cioè, a capire come un nodo (cioè un'istituzione) influisce sul sistema o su come è influenzato dallo stesso. Il grado è spesso interpretato in termini del rischio immediato del nodo di agganciare qualsiasi entità che "fluttua" all'interno della rete (per esempio delle informazioni).
Dato un grafo non orientato $G = (V, E)$, con V insieme dei vertici ed E insieme degli spigoli, possiamo definire il grado di un nodo $v \in V$ come il numero di archi che incidono su quel nodo:

$$\deg(v) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i \in V} e_{vi} \ , per\ e_{vi} = \begin{cases} 1, se\ \{v, i\} \in E \\ 0, altrimenti \end{cases}$$

Se il network è invece orientato (cioè se le relazioni hanno un verso determinato), allora si definiscono solitamente due misure separate di degree centrality, chiamate In-Degree e Out-Degree. Le misure In-Degree sono un conteggio dei collegamenti che entrano nel nodo, quelle Out-Degree sono il numero dei legami che invece partono dal nodo e vanno verso altri nodi. Formalmente:

$$\deg_{in}(v) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i \in V} e_{v,i} \ , per\ e_{vi} = \begin{cases} 1, se\ (i, v) \in E \\ 0, altrimenti \end{cases}$$

$$\deg_{out}(v) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{i \in V} e_{v,i} \ , per\ e_{vi} = \begin{cases} 1, se\ (v, i) \in E \\ 0, altrimenti \end{cases}$$

Se consideriamo un grafo $G = (V, E)$ con n vertici, allora la degree centrality per il vertice v fornisce una misura dell'importanza di quel nodo, basandosi sul numero di nodi con cui esso ha una relazione diretta. Formalmente essa è pari a:

$$C_D(v) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\deg(v)}{n-1}$$

dove V rappresenta l'insieme dei vertici ed E l'insieme degli spigoli. Se il grafo è orientato, $\deg(v) = \deg_{in}(v) + \deg_{out}(v)$. La figura sottostante è la rappresentazione di un grafo non orientato: il numero presente su ogni nodo è il suo coefficiente di degree centrality; i nodi sono colorati in base ad una scala che aiuta a distinguere l'importanza del nodo secondo la Degree centrality. La scala varia dal colore rosso al colore verde. Il colore rosso viene assegnato ai nodi con bassa importanza mentre il verde ai nodi con alta importanza.

Degree Centrality

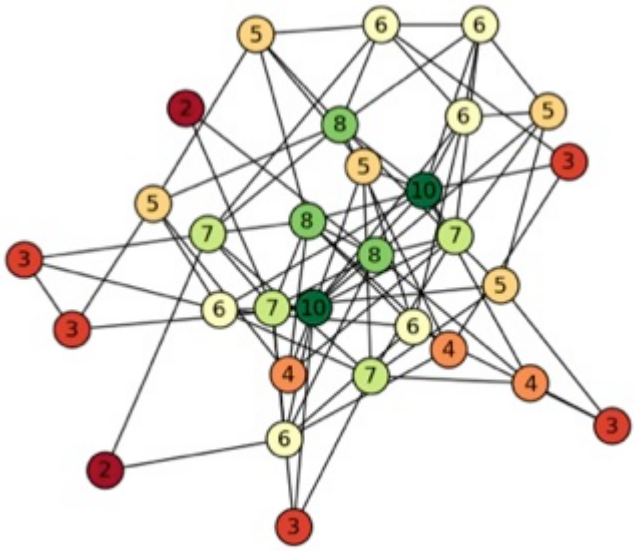


Figura 4.1: Rappresentazione della degree centrality di un grafo non orientato. Sull'etichetta di ognuno dei 30 nodi è mostrato il grado.

La misura del grado di centralità può poi essere estesa anche al grafo considerato nel suo complesso: anche in tal caso però questa misura resta di tipo meramente quantitativo.

2. Betweenness Centrality

La betweenness è una misura di centralità di un vertice all'interno di un grafo, che quantifica il numero di volte in cui un nodo agisce come ponte nel percorso più breve per collegare altri due nodi; pertanto, vertici che si trovano sui molti dei tragitti più brevi che collegano due nodi, avranno una betweenness maggiore rispetto ad altri vertici. Essa non va confusa con la hedge betweenness, che riguarda il numero di "shortest path" che collegano due vertici tra loro.
In termini pratici, essa è utilizzata per calcolare il potere di mediazione tra le parti, e la centralità di un attore è misurata in termini di capacità e ruolo di intermediazione esercitato. L'idea è che se un nodo fa parte di molti "cammini minimi", allora esso avrà un ruolo importante nel funzionamento del network considerato. La rimozione di tale nodo comporterebbe, infatti, un inevitabile rallentamento del flusso delle informazioni tra gli altri soggetti che tramite esso sono collegati, con inevitabili conseguenze negative. Ecco perché, se da un lato nodi con alti indici di betweenness sono importanti per il sistema, d'altro canto essi sono anche da considerarsi come dei possibili punti deboli del network, in quanto un loro mal funzionamento o la loro rimozione potrebbe creare disagi a livello sistemico. Nel caso specifico dei mercati finanziari, istituzioni con indice di betweenness elevato saranno quelle che, nel caso di fallimento, avrebbero maggiore impatto a livello sistemico.

Per un grafo $G = (V, E)$, con n vertici, la betweenness $C_B(v)$ per il vertice v è calcolata come segue:

- Per ogni coppia di vertici (s, t) si calcolano tutti i percorsi minimi tra di essi: tale quantità sarà indicata con σ_{st}.

- Per ogni coppia di vertici (s, t) si determina il numero di percorsi minimi fra s e t che passano dal vertice in questione (v): tale quantità sarà indicata con $\sigma_{st}(v)$.

– Definiamo come "dipendenza di coppia" $\delta_{st}(v)$ la frazione tra i percorsi minimi fra s e t che passano per v e tutti i percorsi minimi tra s e t:

$$\delta_{st}(v) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

questa dipendenza permette di capire l'importanza del nodo *v* nelle relazioni che intercorrono tra s e t.

– L'indice di Betweenness Centrality del nodo *v* all'interno del grafo $G = (V, E)$

$$C_B(v) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{s \neq v \neq t} \delta_{st}(v)$$

cioè è pari alla sommatoria delle dipendenze di coppia per tutte le possibili coppie di vertici $s, t \in V$.

Questa misura può essere normalizzata dividendola per il numero di coppie di vertici che non includono *v*, che è pari a $(n-1)(n-2)$ per i grafi orientati, mentre è pari ad $(n-1)(n-2)/2$ per i grafi in cui le relazioni non siano dirette in un senso specifico. Per esempio, in un grafico non orientato a stella, il vertice centrale (che è contenuto in ogni possibile shortest path) avrà una betweenness di $(n-1)(n-2)/2$, mentre i nodi esterni (che non sono contenuti in nessun percorso minimo) avranno necessariamente indice di betweenness uguale a 0 (si veda la FIGURA 4.2).

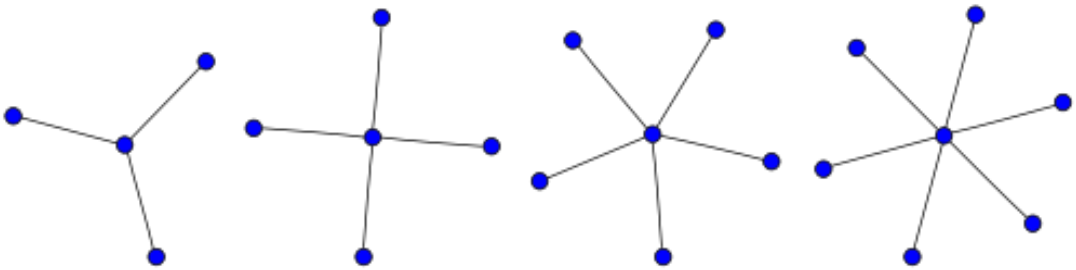


FIGURA 4.2: Modelli di grafi a stella con diverso numero di vertici

Calcolare l'indice di betweenness (come pure quello di closeness centrality) di tutti i vertici in un grafo implica il calcolo del percorso minimo tra tutte le coppie di vertici del network, che può essere fatto con algoritmi specifici[49]. Nel calcolo di entrambi gli indici si assume che i grafi siano non orientati. La FIGURA 4.3 sottostante mostra la rappresentazione della betweenness centrality di tutti i vertici di un grafo: il valore dell'indice di betweenness di ogni nodo è espresso dal numero associato ad ogni punto.

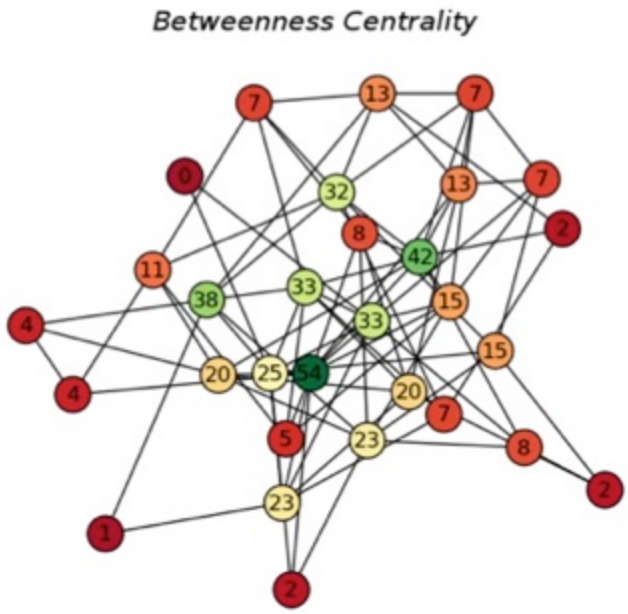


FIGURA 4.3 : Rappresentazione della betweenness centrality di un grafo di 30 nodi , le cui etichette indicano i valori dell'indice.

La Betweenness centrality fornisce dunque una stima della capacità di un nodo di manipolare l'efficienza della rete e di influire sul flusso di informazioni.

3. Closeness Centrality

La closeness centrality è utilizzata per il calcolo della distanza di un nodo da tutti gli altri nodi, ma a differenza della degree centrality tale indice considera il network nel suo insieme, non limitandosi al singolo nodo. Tale misura è utilizzata anche in materie come la topologia e la matematica, aree in cui rappresenta uno dei concetti basilari

[49] Tradizionalmente i più utilizzati sono l'algoritmo di Floyd-Warshall modificato, quello di Jhonson per i grafi sparsi, o quello di Brande per i grafi pesati.

dello spazio topologico. Intuitivamente si afferma che due entità sono vicine se esse sono arbitrariamente l'una accanto all'altra. Il concetto può essere definito naturalmente in uno spazio metrico dove la nozione di distanza tra gli elementi di tale spazio è definita, ma può anche essere generalizzata a spazi topologici in cui non si hanno metodi concreti di misurazione delle distanze.

Concentrandosi sulla teoria dei grafi, esiste una misura di distanza naturale tra tutte le coppie di vertici, che equivale, come visto, alla lunghezza del percorso minimo necessario per arrivare da un vertice all'altro. I nodi che sono "superficiali" rispetto ad altri (cioè quelli che tendono ad avere distanze geodetiche brevi rispetto agli altri nodi all'interno del grafo) avranno indice di closeness più elevato. Nella network analysis tale misura viene utilizzata preferibilmente per il calcolo della media della lunghezza degli shortest path tra tutti i vertici della rete: essa assegna valori maggiori ai vertici più centrali ed è usualmente associata positivamente ad altre misure, quali per esempio la degree centrality.

Se la distanza di un nodo è definita come la somma delle sue distanze da tutti gli altri nodi del grafo, la closeness centrality di quel nodo sarà l'inverso di tale distanza. Pertanto, più centrale è un nodo, minore sarà la sua distanza dagli altri.

Dato un grafo $G = (V, E)$ fortemente connesso, la closeness centrality del grafo sarà il reciproco della media geodetica delle distanze $d(u, v)$ tra un vertice v e tutti gli altri vertici.

Formalmente, possiamo calcolare la misura come segue:

$$C_C(v) = \frac{n-1}{\sum_{u \in V \setminus v} d(u, v)}$$

Molti altri metodi ed algoritmi differenti possono essere utilizzati per il calcolo dell'indice di closeness centrality, come per esempio la "random-walk centrality" introdotta da Noh e Rieger (2003), che si configura come una misura della velocità con cui le informazioni che viaggiano in un network senza un percorso preciso raggiungono un vertice.

Altra variante è la "information centrality" esplicata da Stephenson e Zelen (1989), che presenta alcune similarità con quella appena espressa; in pratica essa misura la media armonica della lunghezza dei percorsi che terminano in un nodo, che è tanto più piccola quanti più percorsi minimi collegano tale nodo agli altri.

Tornando alla definizione classica, l' utilità di tale metrica è chiara in quanto fornisce un'indicazione su quali vertici del network minimizzano la distanza media fra i nodi; questo significa che il valore di closeness di un nodo v stima il grado di vicinanza del nodo v dal resto dei nodi del grafo. L' indice di closeness centrality può essere visto come la misura di quanto tempo ci mette un' informazione a diffondersi da un determinato vertice a tutti gli altri vertici raggiungibili nel network.

All'interno del contesto finanziario l'importanza di tale misura è palese: più alto sarà l'indice di closeness centrality e più veloce sarà il pericolo di diffusione di uno shock iniziale a livello sistemico. La FIGURA 4.4 mostra lo stesso grafo di 30 nodi utilizzato per la betweenness centrality, ma relativo alla metrica di closeness centrality. In tal caso le etichette sui vertici presentano i valori della sommatoria delle distanze d(u, v); inoltre, essi sono colorati in base ad una scala che aiuta a distinguere l'importanza del nodo secondo la misura considerata. La scala varia dal colore rosso al colore verde: il colore rosso viene assegnato ai nodi con bassa importanza, mentre il verde ai nodi con alta importanza.

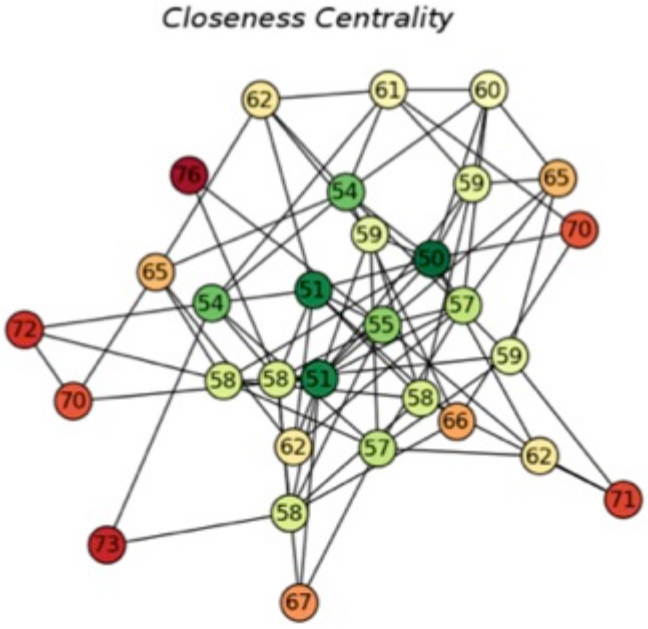


FIGURA 4.4: Rappresentazione della closeness centrality di un grafo di 30 nodi.

Nelle etichette dei nodi del grafo vengono forniti i valori della sommatoria delle distanze d(u, v) in modo da non complicare la figura; i nodi, sono colorati in base ad una scala che aiuta a distinguere l'importanza del nodo secondo la Closeness centrality. La scala varia dal colore rosso al colore verde. Il colore rosso viene assegnato ai nodi con bassa importanza mentre il verde ai nodi con alta importanza.

4. Eigenvector Centrality

La eigenvector centrality è l'ultima misura di centralità per studiare l'importanza relativa di un singolo nodo all'interno di un network. Essa assegna dei punteggi relativi a tutti i vertici della rete, basandosi sul principio che le connessioni verso i vertici con punteggi alti contribuiscano di più al punteggio assegnato a tali nodi rispetto a equivalenti collegamenti verso vertici con un punteggio più basso.

Per calcolare la eigenvector centrality si utilizza solitamente la matrice delle adiacenze: tale entità, detta anche matrice delle connessioni, è una particolare struttura dati comunemente utilizzata nella rappresentazione dei grafi. In particolare, dato un qualsiasi grafo la sua matrice delle adiacenze è costituita da una matrice binaria quadrata che ha come indici di righe e colonne i nomi dei vertici del grafo. Nel posto (*i,j*) della matrice si trova un 1 se e solo se esiste nel grafo un arco che va dal vertice *i* al vertice *j*, altrimenti si trova uno 0.

Sia x_i il punteggio assegnato al nodo i*esimo* e sia $A_{i,j}$ la matrice delle adiacenze del network in esame. Si avrà $a_{i,j} = 1$ se l' i*esimo* nodo è adiacente al j*esimo* nodo, altrimenti si avrà $a_{i,j} = 0$. Più generalmente, le entrate della matrice A possono essere numeri reali che rappresentano la forza delle connessioni, come in una matrice stocastica.

Assumendo che per il nodo i il punteggio di eigenvector centrality sia proporzionale alla somma dei punteggi di tutti i nodi che sono con esso connesso, formalmente avremo:

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j \in M(i)} x_j$$

$$x_j = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^{N} a_{i,j} x_j$$

dove M(*i*) è l'insieme di nodi connessi con il nodo i*esimo*, N il numero totale di nodi e λ una costante.

Utilizzando una notazione vettoriale:

$x = \frac{1}{\lambda} Ax$, o come l'equazione originale della eigenvector $Ax = \lambda x$

In generale vi saranno molti valori diversi di λ per i quali esiste una soluzione di auto vettore. Comunque, il requisito aggiuntivo che tutti gli elementi della matrice di auto vettori siano positivi (si veda il teorema di Perron-Frobenius) implica che solo il più alti valori di eigenvector risultino nell'indice di centralità desiderato. Il componente i*esimo* dell'auto vettore relativo fornisce il punteggio di centralità del nodo i*esimo* nel network.

La sottostante FIGURA 4.5 mostra la misura di eigenvector centrality per un grafo, con valori che vanno dal minimo di 0 (nodi rossi) al massimo di 1 (nodi blu).

Eigenvector Centrality

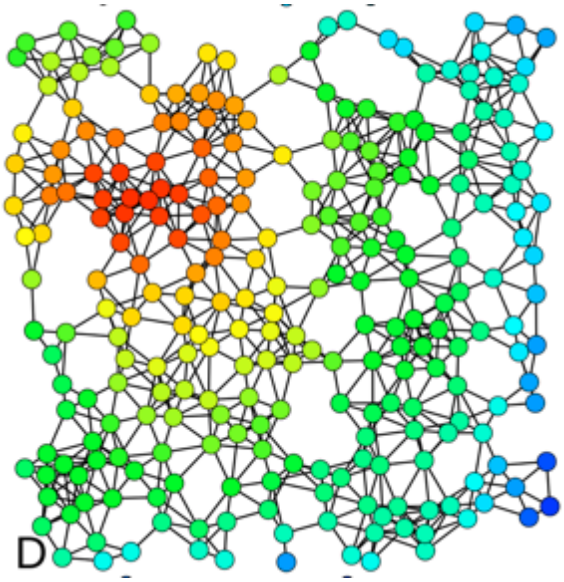


FIGURA 4.5: Possibile rappresentazione dell' eigenvector centrality index

4.3 LA CREAZIONE DEL MODELLO

4.3.1 La scelta degli indici

Dopo aver visto quali sono le principali misure di connettività utilizzate nelle network analysis ed averne appurato, per le più importanti, le caratteristiche strutturali, possiamo procedere verso la definizione di un modello empirico che applichi quanto detto ad una base dati concreta.

Come abbiamo esaurientemente esposto, il rischio sistemico in ambito finanziario presume l'esistenza di un insieme di istituzioni tra loro in relazione. I meccanismi di propagazione del rischio poggiano esattamente su tali relazioni, facendo si che uno shock iniziale si diffonda, dal primo soggetto colpito, agli altri componenti del sistema, grazie a fattori come il grado di liquidità, il tasso d'indebitamento, le asimmetrie informative, etc. I collegamenti tra le istituzioni hanno dunque l'effetto di spostare gli effetti negativi di un trigger event dal soggetto iniziale, che pertanto "trasmette" le sue problematiche, a tutta la catena di soggetti direttamente o indirettamente ad esso connessi, che dunque sono al contrario "contagiati" dallo shock.

Il modello che proporremo si prefigge, tramite gli indici di connettività, di cogliere appunto l'importanza di tali collegamenti tra istituzioni, in modo da verificare se e in che misura le relazioni possono favorire il meccanismo di contagio. In linea teorica, poiché il rischio sistemico è direttamente legato alla quantità di connessioni tra le istituzioni di un network e all'intensità di tali legami, ci aspetteremo che il livello di connettività sia direttamente proporzionale alla diffusione di tale rischio. In tale prospettiva, una misura del livello di connettività della rete risulta indispensabile per dar seguito al tentativo di quantificazione del rischio sistemico, che come visto incide direttamente anche sulle possibili politiche di prevenzione e regolamentazione governativa messe in atto dalle autorità vigilanti i mercati finanziari.

Per quanto concerne la scelta degli indici di connettività da utilizzare bisogna fare una premessa. Ogni misura di connessione fornisce un risultato che può rilevarsi più o meno esatto, sulla base dei fattori che essa considera come maggiormente importanti. La ricerca del rischio sistemico cui è soggetto uno specifico sistema finanziario non può prescindere da un'analisi completa, che includa ogni fattore che caratterizza la situazione specifica, come per esempio il trigger event scatenante, la struttura delle diverse istituzioni, etc. Nessuna misura

sarà tuttavia in grado di catturare una pluralità così ampia di variabili e di assegnar loro un peso del tutto corretto al fine del calcolo; pertanto, si deve sicuramente partire dal presupposto che non esiste una misura di connettività che possa essere definita migliore delle altre in senso assoluto.

Nel nostro caso il punto cardine è che una crisi finanziaria sistemica sia maggiormente probabile in condizioni di elevata interdipendenza tra gli agenti che operano nel network, in quanto tali soggetti compiono operazioni il cui esito, nel bene o nel male, influenza direttamente, e da esse è influenzato, le azioni di altri soggetti.

Le tecniche di valutazione del rischio finanziario sono svariate, alcune più semplici, altre molto più complesse. Il *Conditional Value at Risk* (CoVaR), per esempio, è un indice applicato agli investimenti finanziari, che indica la perdita potenziale di un investimento in un certo orizzonte temporale, con un certo livello di confidenza (solitamente il 95%): esso viene utilizzato comunemente dalle banche d'investimento per misurare il rischio di mercato delle attività che detengono in portafoglio. Dal punto di vista previsionale, il CoVaR può anticipare cambiamenti nella composizione del portafoglio durante la giornata, pertanto si dimostra utile al fine di contenere il rischio di perdite su quel portafoglio. Un'altra misura di connettività tra le istituzioni finanziarie può essere il *Distressed Insurance Premium* (DIP), che si concentra sulle perdite di un'istituzione data una situazione di crisi del sistema di cui fanno parte[50].

Tali indici, seppur riescano a dare un'indicazione precisa di come in un periodo di difficoltà i risultati delle istituzioni finanziarie siano strettamente legati tra loro, hanno tuttavia la pecca che non sono significativi se non in condizioni in cui tali istituzioni abbiano già subito in passato delle perdite comuni. Si basano cioè su informazioni che possono essere raccolte solo qualora i rapporti tra i soggetti interessati durano da abbastanza tempo.

La natura cangevole dei network moderni, e la continua proliferazione di strumenti finanziari sempre nuovi e maggiormente complessi, rende tuttavia l'utilizzo di tali indici non del tutto appropriato per la nostra analisi. Come accennato, infatti, il nostro studio coinvolge tre tipi di istituzioni (Banche, Assicurazioni ed Hedge Funds) che solo in tempi più recenti hanno iniziato ad sviluppare relazioni abbastanza stabili e strutturate, non avendo pertanto una storicità di legame abbastanza estesa da permettere il computo degli indici sopra citati. Indici come il CoVaR o il DIP fotografano dunque lo stato della crisi solo durante la stessa, ma non hanno potere predittivo in senso sistemico.

Nostro scopo è invece quello di sfruttare degli indici di connettività che abbiano un certo

[50] Si veda HUANG, ZHOU e ZHU (2011)

potere previsionale, il che vuol dire che dovremmo scegliere delle misure che non fondino necessariamente su una condizione di relazione pregressa, permettendo un'analisi dei dati più aperta e flessibile. L'assenza di ipotesi di correlazioni passate tra le istituzioni, come pure di pregresse situazioni di perdite e/o default comuni, ci mette nelle condizioni di indagare le connessioni in maniera più naturale e significativa.

Si è dunque scelto di utilizzare due tra gli indici di connettività tra quelli appartenenti alla categoria delle misure di centralità, cioè l'indice di Betweenness Centrality e quello di Closeness Centrality. L'interpretazione di tale indici, come descritto sopra, è molto utile in ambito finanziario per capire l'importanza delle istituzioni nella propagazione del rischio sistemico, quindi il loro utilizzo si presta a quei bisogni informativi predittivi tanto bramati da tutti gli operatori del mercato di riferimento. Ovviamente essi non hanno un potere previsionale assoluto, non possono essere presi come generatori di informazioni capaci di porre fine al rischio sistemico, ma riescono comunque a dare un'indicazione sulla struttura del network di riferimento e sulla sua propensione o resistenza ad un possibile meccanismo di contagio.

Prima di esporre la parte relativa all'implementazione del modello, al calcolo degli indici e all'interpretazione dei risultati, è però necessario definire con esattezza quale siano i dati utilizzati per il nostro procedimento.

4.3.2 La scelta dei dati

Come citato all'inizio di quest'ultimo capitolo, la parte empirica di tale studio riprende in minima parte due precedenti lavori: il primo, "*Econometric Measures of Connectedness and Systemic Risk in the Finance and Insurance Sectors"*[51] di Billio, Getmansky, Lo e Pelizzon (2011), e la connessa tesi di Francesco Cusin *"Misure di rischio sistemico e connettività nei mercati finanziari: analisi del mercato europeo"* (2011-2012), che a sua volta si basa sul paper citato per primo. In particolare, entrambi questi lavori procedono con il calcolo dell'indice di causalità di Granger, un'ulteriore misura di connessione che non verrà in tal sede esplicitamente trattato, ma che come vedremo accoglie dei presupposti validi anche per la nostra analisi.

[51] Working Papers, Department of Economics Ca' Foscari University of Venice, No. 21/WP/2011, ISSN 1827-3580

La base dati utilizzata in questa tesi è quella utilizzata nel lavoro di Francesco Cusin (2013). Proprio per la caratteristica dei nuovi mercati finanziari, in rapido cambiamento e pieni di prodotti dalle mille sfaccettature, come già detto la scelta degli istituti da considerare nella creazione del network per l'analisi non poteva limitarsi alle banche, quindi sono stati coinvolte altre due categorie di enti, ossia le Assicurazioni e gli Hedge Fund[52]. Un network così strutturato è in grado di rappresentare in maniera corretta, seppur non del tutto completa, i maggiori istituti finanziari attivi, esprimendone le caratteristiche principali e avvalorando l'idea di una possibile inferenza statistica, che renda i risultati ottenuti sul campione applicabili anche alla popolazione di riferimento. I legami tra tutti questi soggetti negli ultimi anni ha acquisito sempre maggior intensità ed importanza, quindi considerare il settore bancario ed escludere gli altri enti sarebbe risultato obsoleto e avrebbe causato delle forti distorsioni in termini di significatività dell'analisi.

La fonte di riferimento scelta è stata Bloomberg, che tutti conoscono come forse la più utilizzata piattaforma a livello finanziario sia per il reperimento di informazioni (quotazioni, tassi d'interesse, tassi di cambio, etc.), sia per l'utilizzo delle stesse a fini decisionali che ne fanno gli operatori finanziari professionisti.

Detto questo sono stati applicati dei filtri per scremare l'immensa mole di istituzioni presenti nel sistema. Innanzitutto un riferimento geografico: si è considerato il mercato europeo, meno analizzato rispetto a quello statunitense. Tale selezione rischiava però di escludere alcune importanti valute degli stati europei non aderenti all'euro, quindi è stato aggiunto un ulteriore criterio per considerare le istituzioni che operano nei mercati della Gran Bretagna (sterlina inglese: GBP), della Svizzera (franco svizzero: CHF) della Norvegia e della Svezia (rispettivamente corona norvegese NOK e corona svedese SEK).

Scelta la zona di riferimento e scelte le istituzioni da considerare, è stata poi effettuata una scrematura ulteriore per ogni intermediario, grazie a degli ulteriori benchmark. Nel caso di Banche ed Assicurazioni il criterio utilizzato è stato il cosiddetto "Industry Classification Benchmark", più semplicemente detto ICB, mentre per gli Hedge Funds è stato aggiunto al criterio geografico un filtro riguardante il total asset value, il cui minimo non doveva essere inferiore al miliardo di euro.

I dati grezzi ottenuti da Bloomberg sono relativi ai prezzi di chiusura giornalieri di tutte le istituzioni considerate. Le serie storiche ottenute coprono l'arco temporale che va dal gennaio

[52] Lo studio di Billio, Getmansky, Lo e Pelizzon identifica una quarta categoria di istituzione finanziario utilizzata nell'analisi,cioè i Prime Brokers. Tuttavia in tale studio si è deciso di limitarsi all'utilizzo delle altre tre categorie citate.

del 1996 fino al settembre del 2012.
Da questo database iniziale si è poi proceduto alla trasformazione dei dati in modo da ottenere i rendimenti mensili dei titoli delle istituzioni finanziarie. Dopo aver ottenuto grazie a delle funzioni di MatLab una tabella di valori con i prezzi di chiusura mensili, si è passati dai Last Price ai rendimenti, calcolati grazie alla formula dei rendimenti percentuali.

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

Fatto ciò sono state create delle particolari finestre di osservazione, ognuna di 36 osservazioni mensili, arrivando dunque ai diversi database finali per ogni istituzione.
A partire da questo dataset, per questo studio è stato deciso di effettuare un' ulteriore scrematura Si è deciso di limitare l'orizzonte temporale utilizzato a tre periodi: il triennio che ha preceduto la recente crisi finanziaria, cioè gli anni dal 2004 al 2006, quello proprio della crisi del 2007-2009, e infine il triennio successivo dal 2009 al 2012.
Tale suddivisione ci permette infatti di avere una fotografia precisa di come il sistema finanziario si sia comportato prima, durante e dopo il periodo di esplosione del rischio sistemico e di diffusione del meccanismo di contagio a livello globale.
Oltre a ciò abbiamo limitato l'enorme mole di dati selezionando un numero ristretto per ogni tipo di istituzione, esattamente 350 Banche, 350 Hedge Funds e 160 Assicurazioni, poiché i dati iniziali di quest'ultime erano in quantità molto inferiore. Per farlo sono stati eliminati tutti quegli istituti che presentavano serie storiche poco significative, caratterizzate per lo più da molti periodi privi di osservazione, che avrebbero dunque distorto la nostra analisi. Questo permetterà di calcolare gli indici di connessione per i singoli istituti in ognuno dei tre periodi temporali.
Un'ulteriore selezione è stata poi effettuata per l'analisi degli indici di centralità relativi al network completo, che considera tutti gli istituti contemporaneamente, e alle tre possibili coppie di istituti: Banche-Assicurazioni, Banche-Hedge Funds, Hedge Funds- Assicurazioni. Si ha a tal fine inizialmente imposto il limite del 2% di osservazioni nulle per ogni istituto, per poi selezionarne casualmente 25 da ognuno. Il meccanismo di selezione è descritto meglio nel paragrafo relativo all'analisi dei risultati.

4.3.3 La scelta del modello

Creata la base dati e scelti gli indici di riferimento, è possibile implementare il nostro modello econometrico d' analisi utilizzando la piattaforma R.

La scelta del modello da utilizzare si basa sul fatto che l'analisi delle serie storiche presenta caratteri peculiari diversi a seconda che si abbia a che fare con dati di tipo stazionario o non stazionario. Con il termine stazionarietà ci si riferisce alle caratteristiche del processo stocastico sottostante che ha generato la serie temporale: se tali caratteristiche cambiano nel tempo la serie sarà di tipo non stazionario. Tipicamente le variabili quali i prezzi degli asset non sono di tipo stazionario, quindi essi tendono a non soddisfare le condizioni di stazionarietà (momenti secondi finiti, valore atteso costante, auto-covarianza non dipendente dal tempo). Le variabili che hanno costituito la nostra base dati, i prezzi di chiusura giornalieri, confermano quanto detto.

Le cause di non stazionarietà sono da ricondursi in maniera principale alla tipica volatilità che è associata ai rendimenti finanziari, volatilità che non è mai costante all'interno del periodo di osservazione. Questo è facile da intuire se pensiamo a quale sia l'incertezza che caratterizza tutti i mercati finanziari del mondo; i Last Price utilizzati per calcolare i rendimenti di banche, assicurazioni ed hedge funds altro non sono che le quotazioni di borsa giornaliere di tali enti. Come risaputo, il mercato azionario è suscettibile ad ogni minima variazione che coinvolge le istituzioni quotate, sia essa oggettiva o solamente ipotetica, pertanto la difficoltà di prevedere le quotazioni è infinitamente maggiore rispetto a quella legata ad altri prodotti, il che dà poi vita alla volatilità e alla crescita dei rendimenti finanziari.

Il problema è comunque in parte risolto dal calcolo dei rendimenti, che essendo ottenuti grazie alla formula dei rendimenti percentuali, e non tramite differenza semplice, riesce a rendere la serie storica stazionaria, in modo da permetterci l'analisi.

Date queste caratteristiche delle serie temporali finanziarie considerate, la scelta del modello da utilizzare è ricaduta su un modello di tipo ARMA, ossia un modello autoregressivo e a media mobile: esso fornisce istante per istante un valore di uscita basandosi sui precedenti valori in entrata ed uscita. Tale tipologia di modelli è infatti quella che meglio riesce a rappresentare l'andamento altalenante della volatilità delle serie finanziarie, andamento che ci porta ad ipotizzare di essere in presenza di eteroschedasticità dei rendimenti. Questo vuol dire che la varianza della nostra variabile, cioè lo scostamento del dato osservato dal suo valore atteso, non è costante e che non è possibile fare un ipotesi di indipendenza sui rendimenti.

Il primo modello utilizzato in questi casi, date le ipotesi di partenza, è il modello ARCH (*"AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity*"), ossia un modello autoregressivo con eteroschedasticità condizionata, in cui la varianza condizionale varia nel tempo.
Formalmente possiamo definire un modello ARCH come segue:

$$X_t = E[X_t|\mathcal{F}_{t-1}] + \mathcal{E}_t$$

$$E[X_t|\mathcal{F}_{t-1}] = f\ (\mathcal{F}_{t-1})$$

$$Var[X_t|\mathcal{F}_{t-1}] = \ E[\mathcal{E}_t^2|\mathcal{F}_{t-1}] = \sigma_t^2$$

con $\mathcal{F}_{t-1}$ che identifica l'insieme delle informazioni che si hanno sulla serie storica all'istante $t-1$, da cui dipendono la media e la varianza condizionali. Ipotizziamo che i termini di errore del modello si distribuiscono come una normale di media zero e varianza σ_t^2:

$$\mathcal{E}_t \sim N(0, \sigma_t^2)$$

La varianza condizionale è una funzione lineare dei quadrati degli ultimi p termini di errore $\mathcal{E}_i$:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i\, \mathcal{E}_{t-1}^2$$

con $\alpha_0 > 0$ e $\alpha_i \geq 0$ per $i > 0$.

Se poniamo $v_t = \mathcal{E}_t^2 - \sigma_t^2$ il modello ARCH(p) può essere riscritto come:

$$\mathcal{E}_t^2 = \sigma_t^2 + v_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i\, \mathcal{E}_{t-1}^2 + v_t$$

che per $E[v_t|\mathcal{F}_{t-1}] = 0$ è esattamente un modello autoregressivo lineare di ordine p

(AR_p). Solitamente il processo di stima per questi modelli è eseguito con il metodo dei minimi quadrati. I modelli ARCH permettono dunque di spiegare caratteristiche empiriche tipiche delle attività finanziarie, come il *"volatility clustering"*[53], l'autocorrelazione nei quadrati, l'eccesso di curtosi dei rendimenti finanziari, etc.

Tuttavia i modelli ARCH hanno il problema che se la volatilità empirica persiste, come nel nostro caso, si avrà un p molto grande, che sottintende un elevato numero di parametri α_i necessario per adeguare la volatilità. Ecco che dunque risulta utile un altro tipo di modello, elaborato sulla base del precedente da Bollerslev nel 1986, ossia un modello GARCH, letteralmente un modello ARCH generalizzato ("*Generalised* ARCH*"*).

Un modello GARCH(q,p) è definito formalmente come segue:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \, \mathcal{E}_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \, \sigma_{t-j}^2$$

dove $\mathcal{E}_i$ rappresenta la componente ARCH di ordine p e σ_j la componente GARCH di ordine q.

Esprimendo il modello come in precedenza in funzione della varianza condizionale otteniamo:

$$\mathcal{E}_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \, \mathcal{E}_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \, \mathcal{E}_{t-j}^2 - \sum_{j=1}^{q} \beta_j \, v_{t-j} + v_t$$

Tra tutti i modelli GARCH, il più utilizzato è certamente il GARCH(1,1), che è anche quello che abbiamo scelto per la nostra analisi. Formalmente esso è espresso come segue:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mathcal{E}_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

con tutti i coefficienti $\alpha_0, \alpha_1 \; e \; \beta_1 > 0$.

[53] Tale fenomeno consiste nell'addensamento della volatilità della variabile, nel nostro caso i rendimenti mensili delle istituzioni, che raggruppa le basse e le alte volatilità rispettivamente in periodi di bassa o alta volatilità.

Anche i modelli GARCH riescono dunque a spiegare bene caratteristiche come il volatility clustering, la persistenza, la leptocurtosi, con il vantaggio però di essere più parsimoniosi rispetto ai precedenti, in quanto richiedono la stima di meno parametri.

La costruzione del Garch per le nostre serie storiche restituisce dei buoni risultati, come si evince dai risultati in FIGURA 4.6, che mostra la significatività dei parametri alpha1 e beta1. Tale figura presenta anche il grafico degli ACF, che mostra l'assenza di autocorrelazione tra i residui. Per i processi autoregressivi la funzione di auto-covarianza tende solitamente a decrescere esponenzialmente all'aumentare dei lag, mentre nei modelli a media mobile decade subito dopo il lag di ordine q. Questo è quanto avviene per il nostro modello, in cui q=1, la cui funzione di autocorrelazione dei residui resta poi sempre all'interno dell'intervallo di confidenza che identifica una bassa significatività dell' ACF (FIGURA 4.7).

Non è verificata invece la distribuzione normale dei residui, condizione frequente se si pensa che si ha a che fare con variabili di tipo finanziario, spesso caratterizzate da distribuzioni asimmetriche e con code pesanti, proprio per il fenomeno del clustering della volatilità già descritto.

```
Error Analysis:
        Estimate  Std. Error  t value Pr(>|t|)
mu     0.0046391   0.0065296    0.710   0.4774
omega  0.0003415   0.0002563    1.332   0.1828
alpha1 0.1603299   0.0773690    2.072   0.0382 *
beta1  0.7967611   0.0792821   10.050   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log Likelihood:
 127.0509    normalized:  1.221644

Description:
 Thu Jun  5 09:34:12 2014 by user:


Standardised Residuals Tests:
                                Statistic p-Value
 Jarque-Bera Test   R    Chi^2  10.51725  0.005202453
 Shapiro-Wilk Test  R    W      0.9709147 0.02166809
 Ljung-Box Test     R    Q(10)  13.96479  0.1746039
 Ljung-Box Test     R    Q(15)  20.10669  0.167878
 Ljung-Box Test     R    Q(20)  26.69238  0.1441427
 Ljung-Box Test     R^2  Q(10)  9.51361   0.4841494
 Ljung-Box Test     R^2  Q(15)  12.71126  0.6245894
 Ljung-Box Test     R^2  Q(20)  19.93362  0.4620891
 LM Arch Test       R    TR^2   7.957306  0.7884578
```

FIGURA 4.6: Summary dell'output del modello Garch(1,1) sui dati degli intermediari.

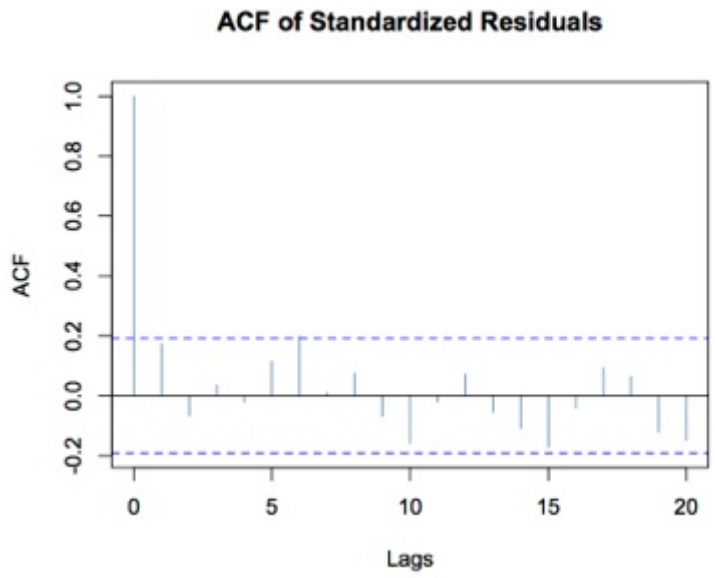


FIGURA 4.7: Funzione di autocorrelazione dei residui del modello

Ciò è confermato dai valori dei test di Jarque-Brera e Shapiro-Wilk (FIGURA 4.6): il grafico della distribuzione dei residui riportato in FIGURA 4.8. Si accetta pertanto tale condizione.

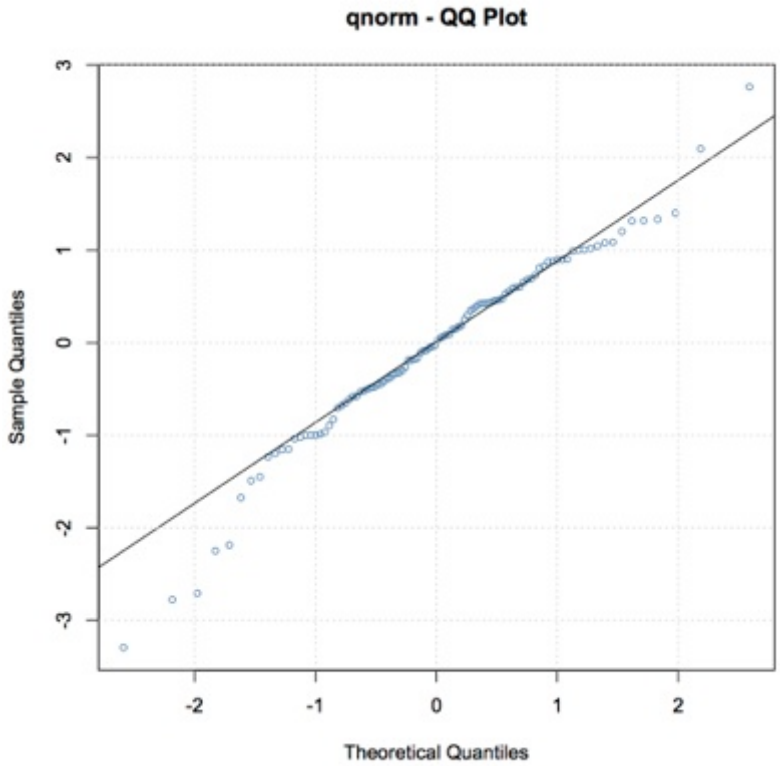


FIGURA 4.8: Distribuzione dei residui del modello. La figura mostra la sostanziale normalità nella distribuzione , anche se leggermente inferiore nelle code, come classicamente associato ai dati finanziari per la loro incostanza nella volatilità.

Per quanto attiene al calcolo degli indici di connessione abbiamo bisogno di un'ulteriore spiegazione. Come abbiamo visto gli indici di closeness centrality e di betweenness centrality sono entrambi delle misure che si fondano sull'assunto che gli istituti di cui stiamo parlando siano effettivamente connessi l'uno con l'altro. Se così non fosse non vi sarebbe nemmeno la possibilità di calcolare la distanza geodetica tra i nodi, quindi ovviamente i test di centralità sarebbero completamente privi di senso.
Dobbiamo a tal fine cercare di capire se esista relazione tramite la costruzione di un modello basato su due semplici regressioni lineari relative ai rendimenti delle nostre istituzioni, che esprima quanto appena detto. Formalmente:

$$R_{t+1}^{i} = \propto^{i} R_{t}^{i} + \propto \beta^{ij} R_{t}^{j} + \varepsilon_{t+1}^{i}$$
$$R_{t+1}^{j} = \propto^{j} R_{t}^{j} + \propto \beta^{ji} R_{t}^{i} + \varepsilon_{t+1}^{j}$$

con $\propto$ e β coefficienti del modello ed ε_{t+1}^{i} e ε_{t+1}^{j} i due processi White Noise intercorrelati.
Questo modello ci permette dunque di cogliere se vi sia effettivamente un nesso di "causalità" tra le serie di due rendimenti. Si badi che in tal ambito la causalità è da intendersi in senso lato. Guardando le due regressioni capiamo come lo scopo sia cogliere se la variabile di ordine i al tempo $t+1$ dipenda dal valore della stessa variabile in un periodo passato t e da quello di variabile di ordine j sempre al tempo t, oltre che dalla componente residua di errore al tempo $t+1$. E lo stesso vale per la variabile di ordine j.
Tradurre in termini formali queste due regressioni è quindi necessario a capire se vi sia effettivamente un legame tra le istituzioni, al fine poi di calcolare gli indici di centralità sopra descritti. È stato dunque creato un ulteriore modello di tipo ARIMA(p,d,q), che consiste in un modello autoregressivo integrato a media mobile: esso è un'estensione di un modello ARMA, a cui si applicano differenze di ordine d al fine di renderlo stazionario. Nel nostro caso tuttavia non serve l'applicazione di ritardi: l'integrazione è pari a 0 in quanto l'ipotesi di stazionarietà resta, come vediamo di seguito. Il test di Dickey-Fuller eseguito per la stazionarietà presenta infatti un valore di p-value <0.05, che ci fa rifiutare l'ipotesi nulla di non stazionarietà: questo è valido per tutte e tre le istituzioni considerate (FIGURA 4.9)

```
> fit=arima(bancheT[,1],order=c(1,0,0),xreg=bancheT[,2])
> fit=arima(bancheT[,2],order=c(1,0,0),xreg=bancheT[,1])
> fit

Call:
arima(x = bancheT[, 2], order = c(1, 0, 0), xreg = bancheT[, 1])

Coefficients:
         ar1  intercept  bancheT[, 1]
      0.2305     0.0284        -5e-04
s.e.  0.0949     0.0147         2e-04

sigma^2 estimated as 0.005162:  log likelihood = 127.47,  aic = -246.94
> r=resid(fit)
> summary(r)
      Min.    1st Qu.     Median       Mean    3rd Qu.       Max.
-1.947e-01 -3.261e-02 -3.844e-03  1.778e-05  4.596e-02  2.351e-01
> adf.test(r)

     Augmented Dickey-Fuller Test

data:  r
Dickey-Fuller = -3.9544, Lag order = 4, p-value = 0.01408
alternative hypothesis: stationary
```

FIGURA 4.9: Creazione del modello ARIMA e test di Dickey-Fuller sui residui

Per definire il legame tra gli istituti è stata eseguita la seguente sequenza di comandi:

```
mat=matrix(NA,ncol=…, nrow=…)
for(i in 1:…){
    for(j in 1:…){
        if(i !=j){
                fit=arima(bancheT[,i],order=c(1,0,0),xreg=bancheT[,j],method="ML")
                mat[i,j]=(0< fit$coef[3]+2*sqrt(fit$var.coef[3,3]) & 0> fit$coef[3]-
2*sqrt(fit$var.coef[3,3]))
```

Il risultato ottenuto è stata una matrice costituita da variabili che esprime la presenza o l'assenza di connessione tra le istituzioni. Tale matrice delle connessioni è quindi poi stata utilizzata per il calcolo gli indici di centralità grazie alle specifiche funzioni del pacchetto $\{SNA\}$ di R.

Il tutto è ovviamente ripetuto per ognuna delle tre istituzioni e per ogni periodo scelto per l'analisi.

Inoltre sono stati calcolati gli indici anche per le singole coppie di istituti. In tal caso è stato scelto di limitare le variabili statistiche a quelle che presentavano meno del 2% di rendimenti pari a zero, scelta applicata a tutti gli istituti. Concatenare matrici che raccoglievano 350 unità statistiche per 105 osservazioni mensili sarebbe stato infatti eccessivamente oneroso anche per il programma utilizzato, da cui la scelta di un sotto-campione più limitato ma comunque significativo.

4.4 ANALISI E RISULTATI

Partiamo innanzitutto dall'analisi grafica delle matrici di connessione per quanto riguarda il network completo, quindi includendo tutte e tre le istituzioni scelte. Per la formazione di tali grafici, avvenuta grazie a specifiche funzioni di R, abbiamo utilizzato delle matrici dei rendimenti ridotte: in tal caso abbiamo inizialmente limitato gli istituti a quelli che presentavano una percentuale massima di osservazioni nulle del 2%, per poi scegliere all'interno di questi solo 25 istituti, selezionati casualmente grazie ad una macro di Excel che include un generatore di numeri casuali. Assegnato quindi un numero ad ogni istituto, sono stati generati 25 numeri casuali per ogni categoria, che hanno identificato le unità statistiche da includere nella generazione dei grafici.

L'idea iniziale era di selezionare i 25 istituti con il migliore rendimento durante l'intero arco temporale dal 2004 al 2012, ma è stata scartata in quanto tale scelta avrebbe a priori escluso istituti i cui bassi rendimenti potevano essere effettivamente dovuti all'effetto della crisi. La generazione casuale del campione permette invece l'inferenza statistica e l'estensione dei risultati alle intere categorie considerate, eliminando la distorsione da selezione. Create le basi dati relative a 25 banche, hedge funds e assicurazioni, abbiamo così formato il network e rieseguito quindi i comandi per il calcolo delle matrici di connessione, per poi plottare i risultati.

Tali grafici presentano in posizione centrale i vertici con maggiori collegamenti, senza distinguere se la direzione di tali connessioni. Questo vuol dire che il fatto che i rendimenti azionari di un istituto influiscano su quelli degli altri, o che al contrario siano da essi influenzati, viene quantificato in maniera equivalente. Ciò che vale è l'esistenza di una connessione con l'altro istituto, non il verso proprio della stessa.

Le figure seguenti riportano i tre grafici di connessione per i tre periodi triennali considerati. Partendo dal grafico relativo alle connessioni nel triennio 2004-2006 (FIGURA 4.10) si può

notare come sia un grafico che può essere definito abbastanza uniforme, cioè in cui il numero di nodi centrali è sicuramente maggiore rispetto a quello dei nodi più periferici. La maggior parte dei vertici è infatti situata tra il centro e la parte inferiore sinistra, mentre meno nodi sono dislocati nella parte superiore destra. I nodi più isolati rappresentano quegli istituti che hanno un minor numero di legami con tutti gli altri nodi del sistema, in quanto la matrice di connessione considera tutte le possibili coppie tra i 75 istituti inseriti nella rete (25 per ognuna delle tre tipologie). Il grafo molto denso formato dai collegamenti tra i nodi centrali ci permette di capire che i rendimenti delle istituzioni vedono tra le loro determinanti i rendimenti di quasi tutti gli altri vertici, essendo la matrice di connessione calcolata grazie alle due regressioni prima esposte. I nodi periferici invece sono tali perché hanno una relazione con i nodi centrali, ma tra loro non sono direttamente legati, quindi non vi è un rapporto di causalità diretta tra i loro rendimenti. Il fatto che comunque vedano numerosi spigoli che li legano alle istituzioni dominanti fa sì che il network risulti nel complesso comunque fortemente connesso.

Sebbene la nostra analisi sia concentrata esclusivamente sui trienni che rappresentano i periodi prima, durante e dopo la crisi finanziaria mondiale, i risultati ottenuti sia da Billio, Getmansky, Lo e Pelizzon per il mercato americano, sia da Cusin per l'area europea, permettono di capire come un grafico delle connessioni così strutturato rappresenti un incremento nelle relazioni rispetto al passato, come analizzeremo successivamente nel dettaglio.

Muovendoci al triennio proprio della crisi, quello del 2007-2009, si evince dal grafico relativo (FIGURA 4.11) come la posizione dei nodi tenda leggermente a cambiare. Vi è infatti un piccolo incremento del numero di nodi periferici, quindi la percentuale degli istituti che sono connessi direttamente a tutti gli altri diminuisce. La rappresentazione dunque fa intuire che una parte, seppur piccola, degli istituti rispetto al passato o ha perso dei legami con gli altri, ovvero non vede più tra tali legami un nesso di influenza reciproca per quanto attiene ai rendimenti.

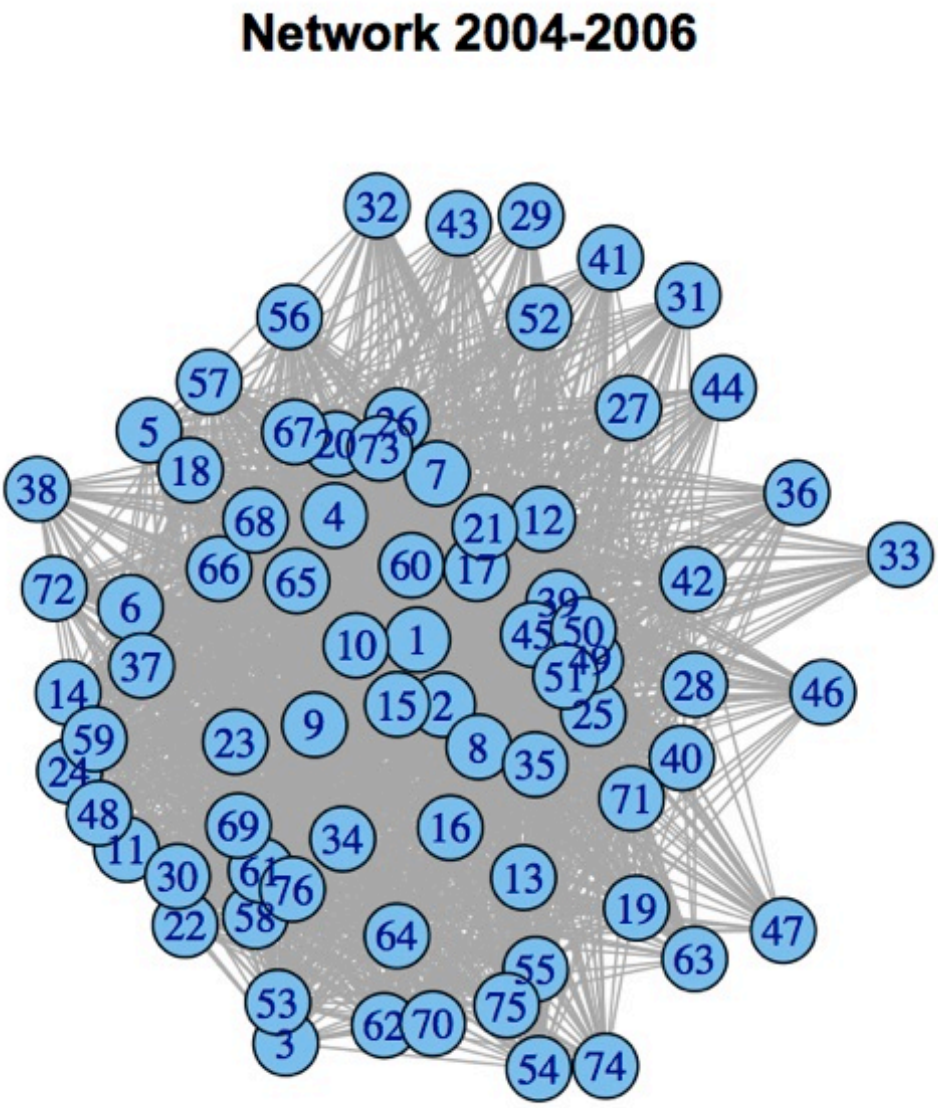


FIGURA 4.10: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente al Network completo nel triennio 2004-2006

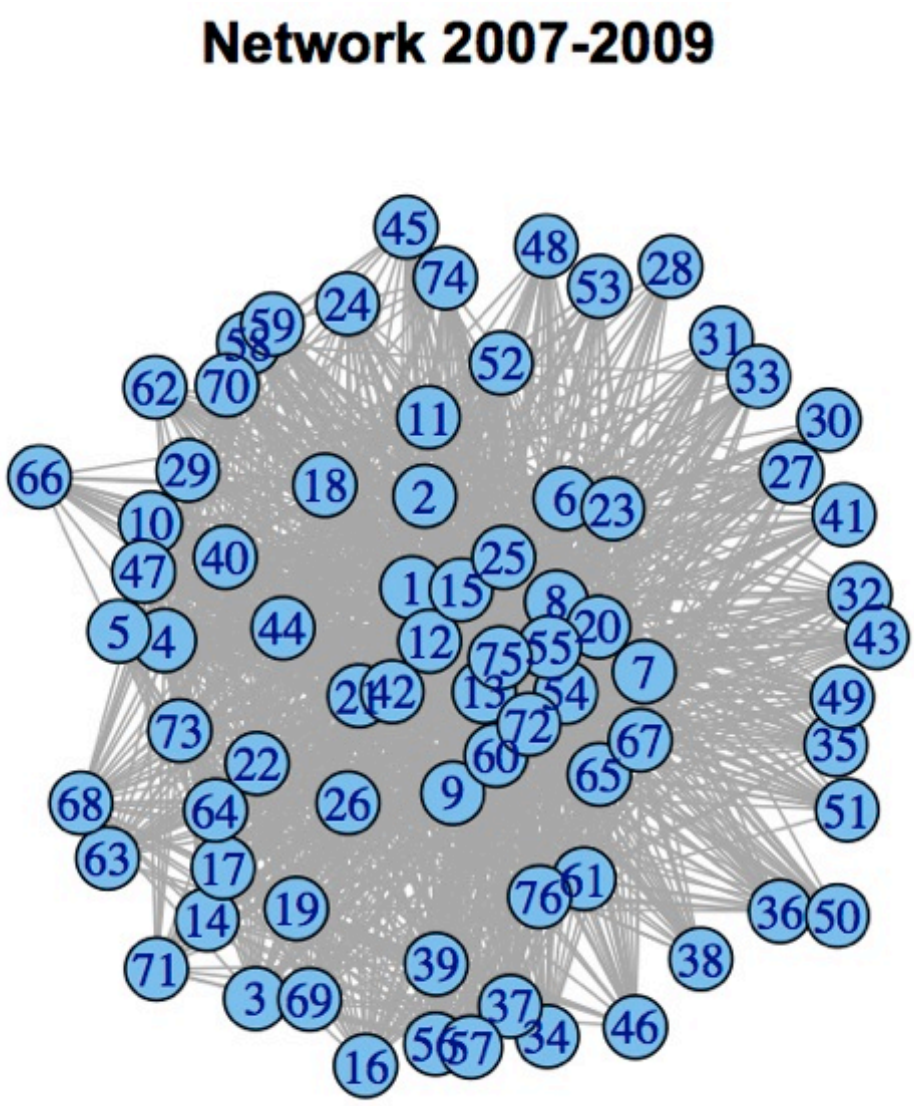


FIGURA 4.11: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente al Network completo nel triennio 2007-2009

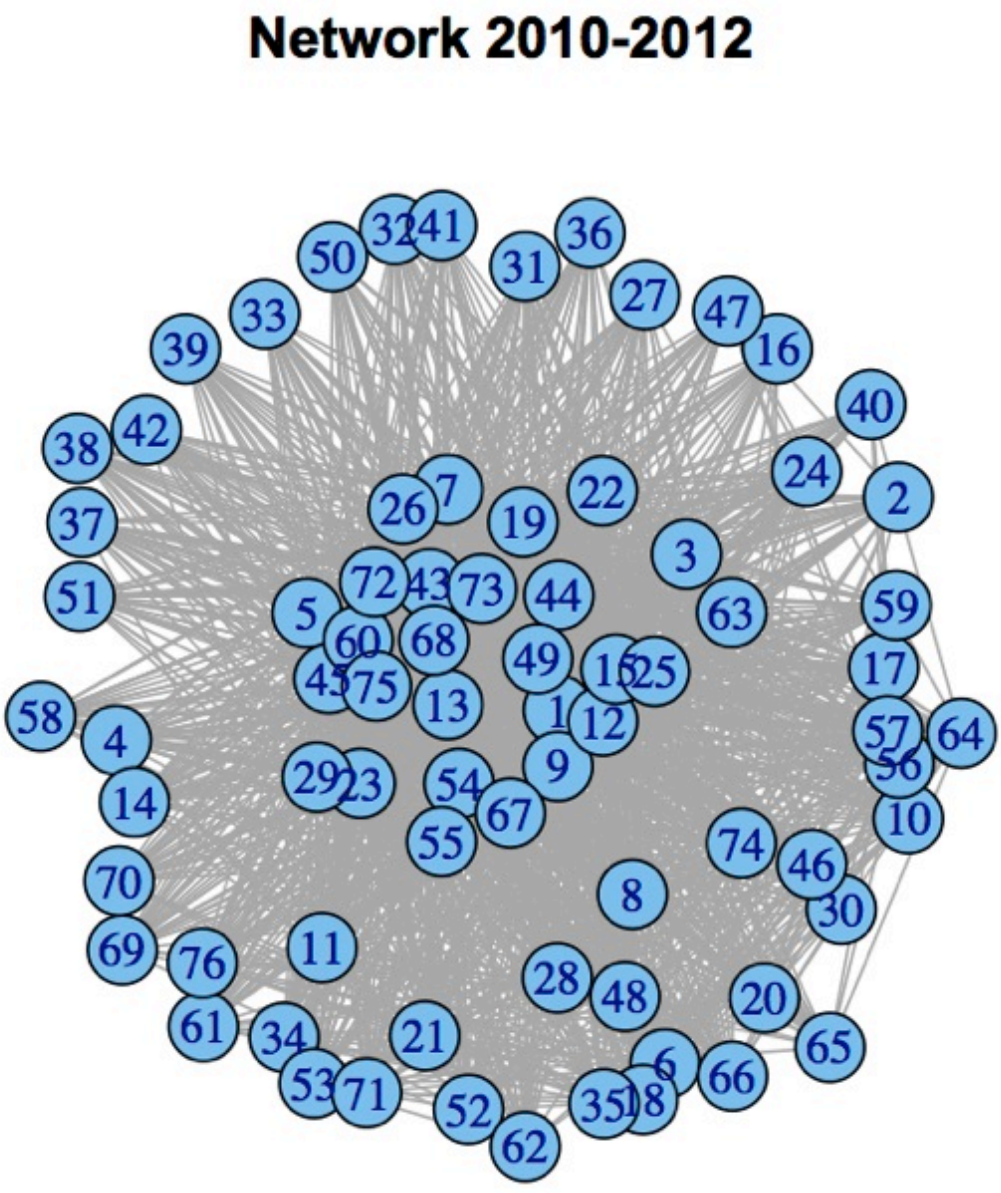
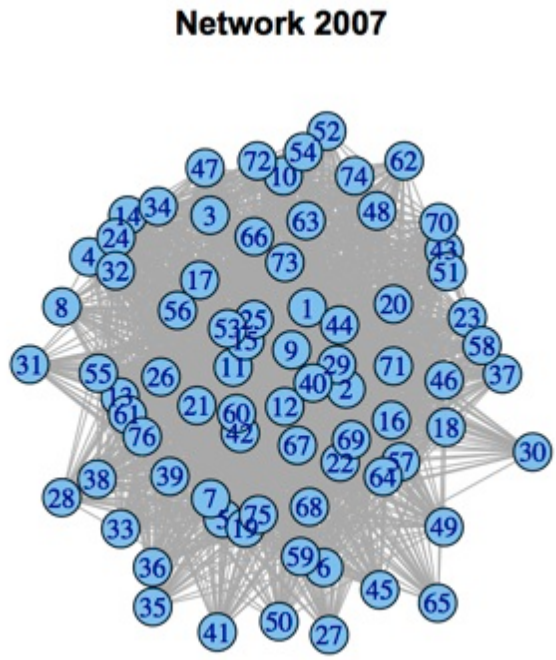
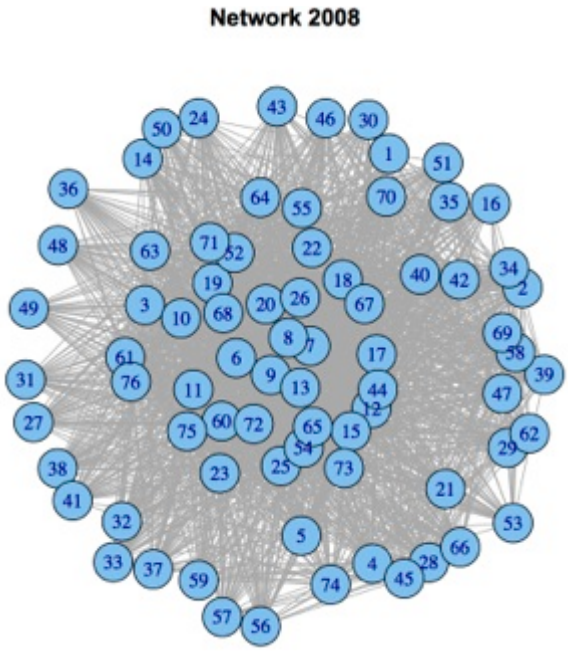


FIGURA 4.12: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente al Network completo nel triennio 2010-2012





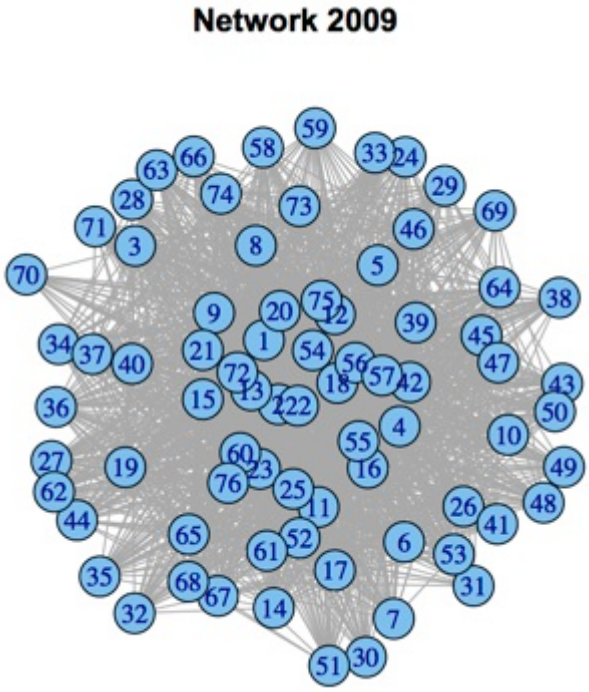


FIGURA 4.13: Rappresentazione grafica della matrici delle connessioni relativamente ai singoli anni 2007, 2008, 2009

Per comprendere più a fondo questo fenomeno è utile tuttavia non soffermarsi esclusivamente all'analisi del triennio come blocco unico, ma distinguere anche tra i singoli anni del periodo e considerare individualmente i relativi grafici di connessione, riportati in FIGURA 4.13.

Procedendo in tal senso si evince come il 2007 e 2008, cioè gli anni centrali nell' esplosione della crisi finanziaria, presentino un grafico delle connessioni molto affine a quello del triennio precedente, con gli istituti centrali decisamente predominanti rispetto a quelli periferici. I rendimenti di banche, hedge funds e assicurazioni si influenzano reciprocamente in maniera decisa, come ipotizzato in sede di premessa. Il trend di incremento delle connessioni a livello sistemico si arresta poi nel 2009, che vede senso una dispersione più ampia dei punti sul grafico.

Tornando ai dati triennali, quello del 2010-2012 (FIGURA 4.12) vede di nuovo un'inversione di rotta e la centralità dei nodi torna ad essere leggermente più evidente, con una sorta di disposizione in due cerchi concentrici, uno esterno formato dalle istituzioni meno connesse ed uno interno, che include di nuovo un buon numero di enti.

Questo andamento determinato dall'analisi grafica delle matrici di connessione è riscontrabile, in maniera empirica, anche dal calcolo degli indici di connessione scelti per l'analisi del network, cioè quello di closeness centrality e quello di betweenness centrality. I risultati dell'elaborazione di questi indici sui dati concatenati di tutte tre le istituzioni sono quelli riportati nelle sottostanti tabelle??. Il pacchetto $\{Sna\}$ di R restituisce, oltre ai valori di closeness e betweenness calcolati per ogni istituzione della rete, anche il "summary" degli stessi, che risulta molto più intuitivo e adatto per la nostra analisi. In particolare esso fornisce una misura della media degli indici di connessione per il periodo considerato, che permette un confronto rapido e significativo dell'evoluzione dei legami tra istituzioni nell'arco di tempo in esame.[54]

Per analizzare la closeness centrality si richiama brevemente il concetto che essa esprime: essa è calcolata come il reciproco della media delle distanze geodetiche $d(u,v)$ tra un vertice v e tutti gli altri vertici. Questo vuol dire che più piccole sono le distanze minime tra tutte le coppie di vertici, cioè più vicini sono l'un l'altro, più piccola sarà la media di tali distanze. Essendo tale quantità al denominatore nella formula per il calcolo dell'indice ($C_C(v) = \frac{n-1}{\sum_{u \in V \setminus v} d(u,v)}$), una maggior vicinanza tra le istituzioni sarà espressa da un indice di closeness centrality più elevato, e viceversa.

[54] Le tabelle relative agli indici di connessione non riportano il calcolo di tali misure relativo al periodo completo di analisi, dal 2004 al 2012, in quanto tale dato risulterà più utile quando si confronteranno le singoli istituzioni.

Tale indice assume valori compresi tra 0 e 1, dove lo zero indica massima distanza tra i nodi e l'1 massima vicinanza. Nel nostro caso la media del network esprime quanto tutti i vertici all'interno della rete siano vicini tra loro, quindi quanto fortemente connesso sia il network stesso.

I valori medi ottenuti dal calcolo sono quelli evidenziati nella TABELLA 4.2. Come si nota essi confermano quanto evidenziato già dall'analisi grafica. Il valore medio di closeness centrality nel triennio 2004-2006 è nettamente quello più alto dei tre periodi, con il valore di 0.7556. Questo significa che in questo arco di tempo la media degli shortest path tra tutti gli istituti che sono collegati da un nesso di rendimento è la più bassa tra i trienni considerati, cioè tutte le istituzioni sono tra loro "finanziariamente" molto vicine.

Tale forte connessione tende poi a scendere leggermente nel triennio 2007-2009, passando al valore medio di 0.6620, per poi risalire al valore di 0.6985 tra il 2010 e il 2012. Anche per il calcolo della closeness centrality si è ritenuto opportuno calcolare gli indici anche nei singoli periodi del 2007, 2008 e 2009. Il risultato è quello presagito: i valori dell'indice sono assimilabili a quelli del triennio precedente per i primi due anni del, mentre scendono più nell' anno 2009 (TABELLA 4.3)

CLOSENESS CENTRALITY Network 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5725	0.6696	0.7353	0.7556	0.8523	0.9740
CLOSENESS CENTRALITY Network 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5396	0.5814	0.6250	0.6620	0.6944	0.9868
CLOSENESS CENTRALITY Network 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5769	0.6148	0.6438	0.6985	0.7833	0.9740

TABELLA 4.2: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per il Network completo in tutti e tre trienni di analisi. La media del valore dell'indice di ogni triennio è evidenziata dal colore.

CLOSENESS CENTRALITY Network 2007					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5952	0.6696	0.7282	0.7485	0.7916	1.000
CLOSENESS CENTRALITY Network 2008					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6303	0.6579	0.7282	0.7504	0.8451	0.9868
CLOSENESS CENTRALITY Network 2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5769	0.6186	0.6638	0.7070	0.7734	0.9740

TABELLA 4.3: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per il Network completo nel singoli anni del secondo triennio. La media del valore dell'indice di ogni triennio è evidenziata dal colore.

Veniamo al secondo indice di connessione utilizzato, ossia quello di betweenness centrality. Come fatto per il precedente, è bene ricordare come esso sia una misura che quantifica il numero di volte in cui un nodo agisce come ponte nel percorso più breve per collegare altri due nodi; pertanto, vertici che si trovano sui molti dei tragitti più brevi che collegano due nodi, avranno una betweenness maggiore rispetto ad altri vertici. È una misura di centralità collegata alla posizione "strategica" di un nodo. Indica il grado in cui, per comunicare tra loro, i membri di un network devono passare obbligatoriamente per un certo vertice. La media calcolata per il sistema esprime dunque l'importanza che tutte le istituzioni hanno nel network per quanto attiene al passaggio delle informazioni da un nodo all'altro.

A differenza dell'indice di closeness, come è osservabile dai valori in TABELLA 4.4, la betweenness centrality ha un andamento inverso. Essa infatti prima dello scoppio della crisi ha un valore medio di 26.170, mentre nel triennio 2007-2009 si ha un forte incremento dello stesso fino al valore di 40.750: questo sta a significare che ogni nodo, mediamente, durante la crisi si trova su molti più "percorsi brevi" che uniscono altri due vertici, quindi è strategicamente più importante. Nell'ultimo triennio invece la betweenness cala nuovamente, fino al valore medio di 34.800.

BETWEENNESS CENTRALITY Network 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.7756	7.2270	18.6700	26.170	45.3500	72.5000
BETWEENNESS CENTRALITY Network 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5867	3.0960	9.5320	40.750	57.2600	221.1000
BETWEENNESS CENTRALITY Network 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
2.535	4.627	12.210	34.800	73.340	122.500

TABELLA 4.4: Valori dell'indice di betweenness centrality calcolati per il Network completo in tutti e tre trienni di analisi. La media del valore dell'indice di ogni triennio è evidenziata dal colore.

Tale analisi può, e ovviamente deve, essere interpretata in chiave economico-finanziaria alla luce di quanto abbiamo spiegato nei precedenti capitoli.

Innanzitutto, come accennato, i risultati di analisi su serie storiche più lunghe ottenuti da altri autori evidenziano come il grado di connessione dei sistemi finanziari abbia subito, a partire da metà degli anni '90, una crescita costante. Tale crescita è certamente da attribuirsi in gran parte alla molteplicità dei nuovi prodotti finanziari scambiati sul mercato, che sono sempre più complessi e che per essere gestiti necessitano dell'operato di diverse istituzioni, facendo si che le loro posizioni di portafoglio siano inevitabilmente legate. I recenti periodi hanno inoltre visto grandi interventi governativi per la liberalizzazione dei mercati, che hanno portato anche all'internazionalizzazione di molti istituti, creando un mercato mondiale dei prodotti finanziari sempre più connesso.

La rappresentazione grafica e il calcolo degli indici di centralità per il network degli intermediari finanziari considerati ci portano ad affermare che il grado di connessione del sistema, quindi dei singoli istituti che lo compongono, aumenta subito prima e contemporaneamente ad un periodo di forte crisi globale del sistema stesso.

Questo è certamente coerente con quanto accaduto nei mercati finanziari tra il 2004 e il 2009. Il periodo precedente la crisi finanziaria ha infatti visto la crescita del mercato immobiliare negli Stati Uniti e la forte espansione del credito concesso dalle banche verso i compratori,

con la proliferazione dei mutui subprime e la nascita della bolla speculativa, secondo il meccanismo già descritto. Tale meccanismo ha fatto incrementare ancor più il già forte rapporto tra le istituzioni, che si è tradotto nell'aumento del numero di connessioni nei periodi indicati.

La condizione, come risaputo, si è poi diffusa ai mercati mondiali tramite la cartolarizzazione dei mutui subprime, che insieme a molti altri titoli di debito, venivano impacchettati dalle banche d'investimento nei CDO e poi rivenduti a degli azionisti sparsi per il mondo, sotto forma di prodotti sicuri. L'intero sistema finanziario mondiale è stato quindi infettato da titoli classicamente definiti "tossici", con il derivante trasferimento del rischio sistemico dal mercato statunitense anche all'Europa. La crisi causata dallo scoppio della bolla immobiliare ha portato all'inizio del meccanismo di contagio finanziario, con i problemi di liquidità e di insolvenza che hanno fatto piombare molti istituti nella necessità di un salvataggio governativo o che, in altri casi, ne hanno provocato il default.

Alla luce di tale ragionamento gli indici di connessione assumono un significato specifico. L'indice di *closeness centrality*, esprimendo quanto vicine siano le istituzioni della rete, dà l'idea di quanto velocemente le informazioni finanziarie possano trasferirsi da un organismo all'altro. Tali informazioni, se in periodi di benessere possono essere positive per i rendimenti, nel periodo che precede la crisi sono rappresentate proprio dai problemi di liquidità e dall'elevato pericolo di insolvenza dei molti possessori dei mutui subprime. Questo rischio, per l'alto grado di connessioni, si distribuisce a tutti gli istituti in maniera rapida, senza possibilità di controllo. Le connessioni assumono un' importanza cruciale affinché gli effetti dello shock iniziale si estendano a livello sistemico. L'influenza del rendimento di un'istituzione su quello di un'altra istituzione è così molto rapido, pertanto l'andamento negativo si diffonde nel network quasi al massimo della velocità possibile, come testimonia l'alto grado dell'indice nel triennio 2004-2006 e nei primi due anni della crisi, 2007 e 2008 (il valore medio dell'indice nel 2007 è infatti 0.7535 sul massimo di 1). Fallimenti come quello della Lehman Brothers sono stati così devastanti per l'economia mondiale anche, se non soprattutto, per il grande livello di connessioni tra istituti presente in quel momento storico. Il fatto che i valori dell'indice riferiti al periodo 2007-2009 calino in media su base triennale, ma restino più elevati nei singoli anni, può essere dovuto ad una differenza nella relazione di breve e medio periodo. Presumibilmente, se nel singolo anno gli istituti possono essere ancora molto vicini da un punto di vista finanziario, nell'arco del triennio lo svilupparsi della crisi, i ripetuti default, le fusioni di comodo e le grosse modificazioni di portafoglio potrebbero far saltare molte relazioni, andando così a determinare un indice nel complesso più basso.

L'interpretazione dell'indice di *betweenness centrality* è altrettanto importante, seppur meno intuitiva. È stato detto che più il nodo ha una posizione strategica e più alta sarà la sua betweenness, perché la forza degli attori collocati in quei punti deriva proprio dall'essere in mezzo rispetto ai flussi di informazione o di trasporto. Dal punto di vista economico un alto valore di tale indice implica che i nodi del network abbiano grande importanza su quali informazioni vengono trasferite da un'istituzione ad un'altra, incluse le potenziali perdite nel sistema: essa fornisce dunque una stima della capacità di un nodo di manipolare l'efficienza della rete e di influire sul flusso di informazioni. L'aumento elevato del valore medio dell'indice dal triennio 2004-2006 a quello proprio della crisi del 2007-2009 testimonia come le istituzioni considerate siano state strategicamente determinanti nella diffusione degli effetti negativi a livello del sistema, molto più di quanto lo fossero nel triennio precedente e in quello successivo. L'indice di betweenness assume ancora maggior significato se si considerano le singole istituzioni, come vedremo in seguito.

Una sottolineatura infine va fatta con riferimento al periodo compreso tra il 2010 e il 2012. Come evidenziato dal grafico delle connessioni, ma soprattutto da quanto si evince dal calcolo dell'indice di closeness centrality, dopo una lieve diminuzione nel 2009 le connessioni del sistema hanno subito in medi un leggero rialzo. Il valore dell'indice di closeness del triennio 2010-2012 (0.6985) è un valore che, seppur minore rispetto a quello del 2004-2006, è comunque molto significativo. E se, come da premesse, si guarda agli indici di centralità come ad indicatori preventivi di crisi, tale grado elevato di relazioni all'interno del network dovrebbe essere giustificato da una situazione intrinseca di difficoltà del sistema finanziario. Ed effettivamente è proprio in tale periodo che inizia a diffondersi in Europa il timore di una crisi del debito sovrano di molti paesi, come la Grecia, la Spagna, l'Irlanda, il Portogallo e l'Italia. A causa dell'eccessivo livello del debito, ulteriori deficit di bilancio ed investimenti in spesa pubblica hanno iniziato ad essere difficilmente finanziabili. Questo a sua volta ha portato all'aumento dello spread tra i rendimenti dei titoli statali dei paesi colpiti e quelli degli altri membri dell' UE, in particolar modo la Germania. I debiti degli stati citati hanno iniziato ad essere declassati dalle agenzie di rating, con una conseguente nuova ondata di panico nei mercati finanziari.

Inoltre la betweenness centrality del network nell'ultimo triennio risulta addirittura maggiore rispetto a quella del primo triennio. I valori elevati degli indici di centralità sistemici tra il 2010 e il 2012, seppur minori rispetto a quelli che caratterizzano la crisi, sono dunque nuovamente prova del fatto che situazioni di difficoltà diffuse sono strettamente in relazione con network finanziari più connessi.

Un ulteriore passo può essere fatto considerando sia le tre tipologie di istituzioni finanziarie singolarmente, sia le possibili relazioni tra coppie di istituti (banche - hedge funds, banche-assicurazioni, assicurazioni - hedge funds).
Iniziando dai singoli istituti, di seguito si presentano i grafici di connessione relativi ai tre trienni per tutte le tipologie di enti (FIGURE 4.14 – 4.15 – 4.16).
Tali grafici, presentando solo 25 nodi, permettono un'analisi visiva molto più semplice ed evidente, in quanto il numero di connessioni è minore e quindi risultano meno densi di quelli precedenti. Inoltre, il numero limitato di istituzioni, ci ha permesso di utilizzare in sede di script un comando che consente di far apparire i nodi più connessi come pallini più grandi, mentre quelli con meno legami appaiono più piccoli. L'output grafico che ne deriva consente di cogliere in maniera ancora migliore quanto affermato per il network nel suo complesso. Per tutti gli istituti infatti il numero di connessioni è molto elevato nel triennio 2004-2006, quindi quello precedente alla crisi, mentre il network tende a diventare meno connesso nel triennio successivo. Questo è evidente soprattutto per gli hedge funds, che presentano tra il 2007 e il 2009 un grafico delle connessioni fortissimamente disperso, con molti nodi che vedono una relazione sulla base dei rendimenti solo con un altro nodo della rete. Come per il network completo, tuttavia, l'analisi dei grafici relativi ai singoli anni 2007, 2008 e 2009 mostra come i primi due anni presi singolarmente siano ancora caratterizzati da un sistema connesso, mentre la dispersione è più visibile a partire dal 2009. Il numero di connessione tende poi ad risalire leggermente nell'ultimo periodo analizzato, tra il 2010 e il 2012, in relazione a quanto detto poc'anzi.
Una considerazione importante riguarda il grado assoluto di connessione delle tre diverse istituzioni. Questo, infatti, risulta essere molto minore per gli hedge funds, mentre cresce per le assicurazioni ed è ancora maggiore per le banche. In assoluto quindi possiamo affermare che le istituzioni bancarie sono quelle che tra loro sono più connesse le une con altre, mentre in generale i rendimenti degli hedge funds nei periodi considerati sono molto meno influenzati ai rendimenti di altri istituti dello stesso tipo. Tale dato è certamente coerente con lo storico scenario finanziario, in cui le banche sono tradizionalmente gli istituti maggiormente connessi tra loro: il legame è da attribuire principalmente ad esposizioni comuni sul mercato interbancario, oltre per esempio alla sempre maggior condivisione dei clienti.

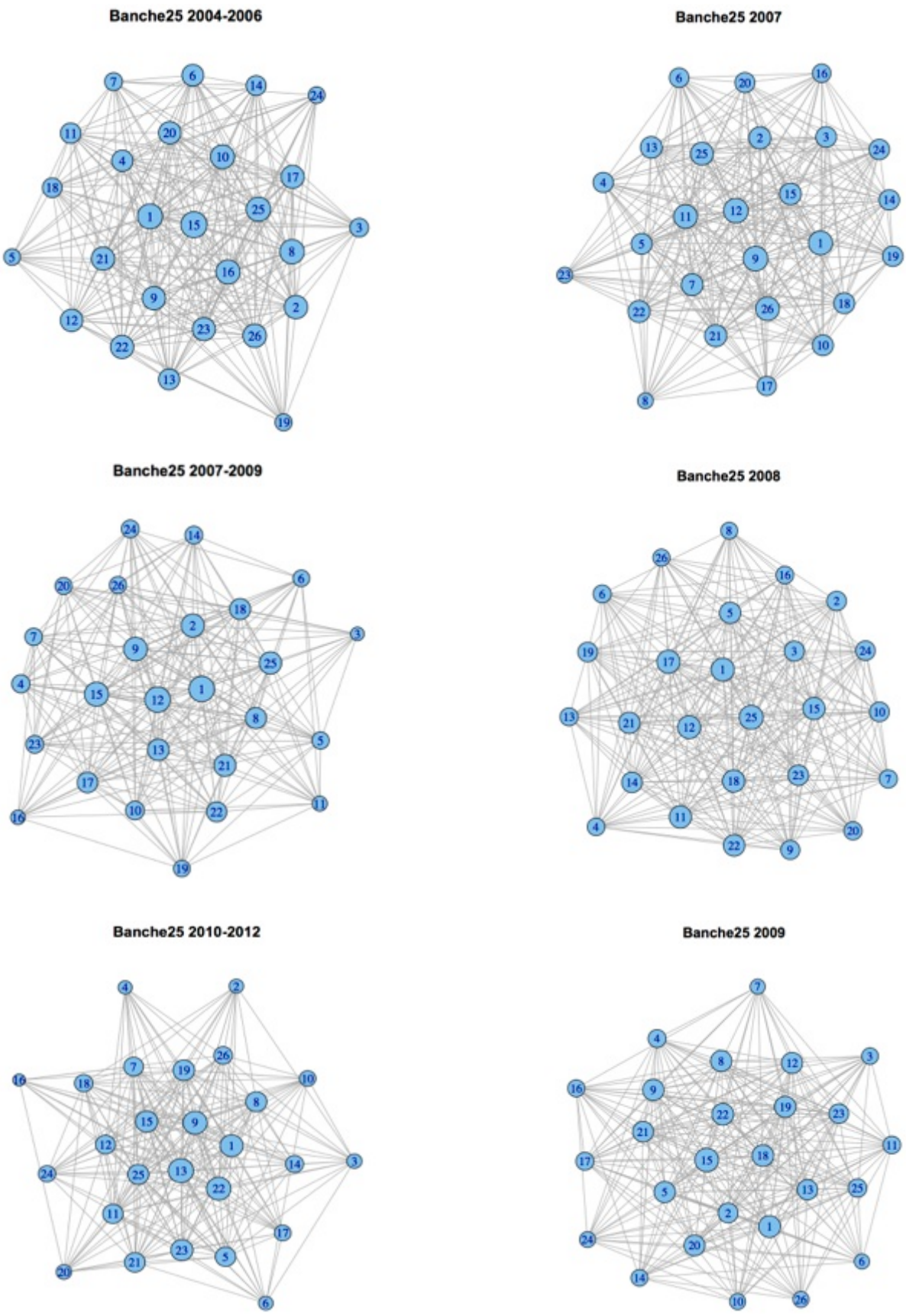


FIGURA 4.14: Rappresentazione della matrice delle connessioni delle Banche, per i tre trienni e per i singoli anni del secondo triennio.

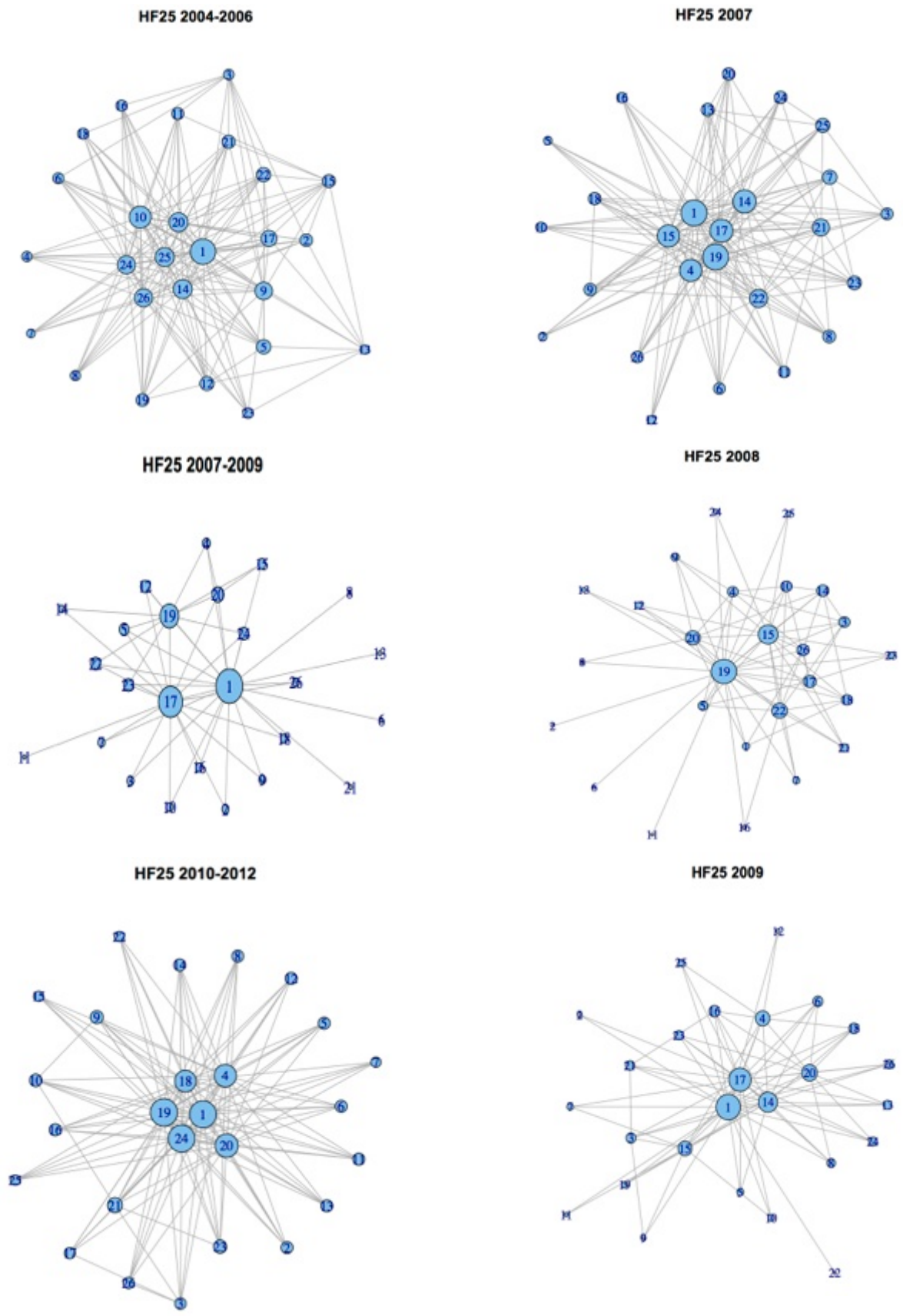


FIGURA 4.15: Rappresentazione della matrice delle connessioni degli Hedge Funds, per i tre trienni e per i singoli anni del secondo triennio.

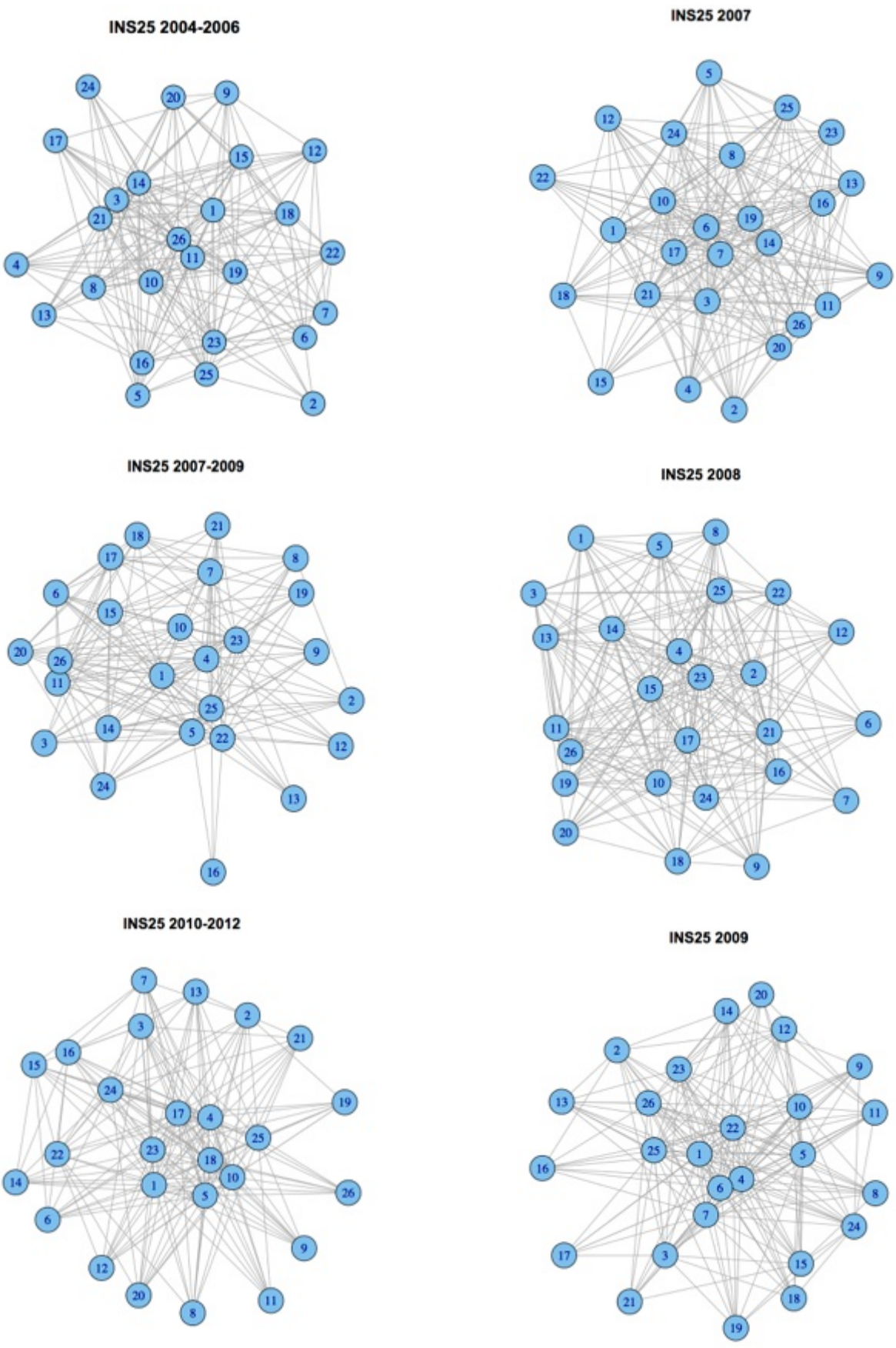


FIGURA 4.16: Rappresentazione della matrice delle connessioni delle Assicurazioni, per i tre trienni e per i singoli anni del secondo triennio.

Gli indici di centralità calcolati per ogni singola istituzione forniscono ulteriori importanti indicazioni; si ricorda che tali indici sono stati calcolati utilizzando tutte le unità statistiche selezionate inizialmente, pertanto 350 banche, 350 hedge funds e 160 assicurazioni. Una base dati molto più estesa, che dunque fornisce un ulteriore prova della bontà dei risultati ottenuti nell'analisi del network comprendente tutte e tre le tipologie di istituti, ma solo 25 unità statistiche per ognuna.

I risultati del calcolo della closeness centrality (TABELLA 4.5) e della betweenness centrality (TABELLA 4.6) sono visibili di seguito.

I valori medi di closeness confermano quanto descritto a livello grafico; gli istituti bancari sono nettamente quelli maggiormente connessi per tutto l'arco temporale 2004-2012, con una media d'indice pari a 0.7300. Seguono le assicurazioni con 0.6862, mentre gli hedge funds si confermano i meno connessi tra loro con l'indice che ha un valore medio di 0.5505. Questi ultimi sono dunque quelli che presentano una media della distanza geodetica tra tutti gli istituti più elevata, dunque la velocità di propagazione delle informazioni tra di essi è molto minore rispetto a quella che esiste all'interno del network bancario. Ne deriva che uno shock iniziale che colpisca una banca avrà maggior facilità nel diffondersi alle altre banche ad essa collegate, mentre tale possibilità sarà inferiore per gli hedge funds.

Analizzando i valori della betweenness centrality per ogni istituto si evince però un dato molto importante, ossia che gli hedge funds, cioè le istituzioni con indice di centralità minore, sono proprio quelli che hanno un valore medio di betweenness maggiore nell'arco dei tre trienni 2004-2012 (291.800). Questo vuol dire che la loro importanza relativa in chiave di filtro delle informazioni da trasmettere è molto elevata: essi, pur non essendo fortemente connessi tra loro, in tutti i percorsi minimi in cui fungono da ponte hanno il più forte potere strategico per quanto concerne l'influenza reciproca sui redditi della propria categoria. A seguire vi sono le banche (138.100) e infine le assicurazioni (78.050).

Analizzando invece la differenza della betweenness tra il 2004-2006 e il 2007-2009 è possibile notare come le banche siano la categoria che tra il primo e il secondo periodo di analisi in cui si ha un incremento maggiore, che è pari addirittura al 118,37%. Gli istituti bancari presenti sugli shortest path nell'arco della crisi sostanzialmente quindi più che raddoppiano, acquisendo una fortissima importanza nella trasmissione dello shock iniziale e degli effetti negativi che ne derivano. Anche gli altri istituti vedono un forte incremento dell'indice in tal senso, pari al 49,915% per gli hedge funds e a 44,196% per le assicurazioni.

CLOSENESS CENTRALITY Banche 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.7265	0.8188	0.8657	0.8647	0.9110	0.9775
CLOSENESS CENTRALITY Banche 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6063	0.6654	0.7190	0.7522	0.8345	0.9803
CLOSENESS CENTRALITY Banche 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6629	0.7582	0.8227	0.8252	0.8923	0.9886

CLOSENESS CENTRALITY Hedge Funds 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5624	0.5889	0.6152	0.6820	0.7977	0.9858
CLOSENESS CENTRALITY Hedge Funds 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5187	0.5355	0.5439	0.5789	0.5645	0.9943
CLOSENESS CENTRALITY Hedge Funds 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5395	0.5604	0.5724	0.6317	0.6304	0.9915

CLOSENESS CENTRALITY Insurances 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6130	0.6926	0.7656	0.7835	0.8791	0.9877
CLOSENESS CENTRALITY Insurances 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5674	0.6275	0.6838	0.7114	0.7656	0.9816
CLOSENESS CENTRALITY Insurances 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6437	0.7130	0.7756	0.7980	0.8736	1.000

TABELLA 4.5: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per ogni singolo istituto e per ogni triennio

BETWEENNESS CENTRALITY Banche 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
5.091	26.220	83.300	138.100	218.200	425.600
BETWEENNESS CENTRALITY Banche 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
19.14	45.67	57.13	56.19	69.03	81.08
BETWEENNESS CENTRALITY Banche 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
10.87	33.40	83.17	122.70	213.60	324.90
BETWEENNESS CENTRALITY Banche 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
11.28	44.22	78.40	77.89	111.10	140.20
BETWEENNESS CENTRALITY Hedge Funds 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.069	0.991	6.075	291.800	49.060	6961.000
BETWEENNESS CENTRALITY Hedge Funds 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
7.823	19.740	35.190	176.100	400.400	654.800
BETWEENNESS CENTRALITY Hedge Funds 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.553	2.127	5.349	264.000	49.680	3407.000
BETWEENNESS CENTRALITY Hedge Funds 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
1.710	7.288	16.840	218.300	121.400	1329.000
BETWEENNESS CENTRALITY Insurances 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5009	11.280	37.180	78.050	123.800	341.100
BETWEENNESS CENTRALITY Insurances 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
2.995	16.200	40.250	47.900	75.830	113.600
BETWEENNESS CENTRALITY Insurances 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
2.672	14.720	42.670	69.070	113.100	230.800
BETWEENNESS CENTRALITY Insurances 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
5.793	18.000	42.680	43.030	64.760	87.140

TABELLA 4.6: Valori dell'indice di betweenness centrality calcolati per ogni singolo istituto e per ogni triennio

Un'ultima analisi è quella che riguarda le connessioni tra le tre possibili coppie di istituti scelti, ossia Banche-Hedge Funds (BK-HF), Banche-Assicurazioni (BK-INS) e Hedge Funds-Assicurazioni (HF-INS). Questa potrà infatti dare ulteriori informazioni su quali siano i legami che influiscono di più a livello sistemico, creando i presupposti per il rischio globale e per il meccanismo di contagio. Anche in tal caso è stato dunque sono stati calcolati gli indici di closeness centrality e di betweenness centrality su tre matrici appositamente costruite. Ogni base dati include 50 unità statistiche, in quanto è frutto della concatenazione di due dei gruppi di 25 istituti che avevamo ottenuto con il procedimento descritto precedentemente. I valori degli indici così calcolati sono riportati nella sottostanti TABELLE 4.7 e 4.8.

L'analisi della closeness centrality (TABELLA 4.7) permette di comprendere come i due istituti in assoluto più vicini da un punto di vista di influenza sui rendimenti siano le banche e le assicurazioni, con un valore medio nell'arco 2004-2012 di 0.6518; anche le medie di periodo sono per tale coppia superiori a quelle delle altre coppie. Segue il legame tra banche ed hedge funds con una media di 0.5990 e infine quello assicurazioni-hedge funds 0.5709. Gli indici calcolati per i singoli trienni mostrano poi l'andamento che era già stato riscontrato per il network, alla cui interpretazione si rimanda.

Questo risultato porta alla prima conclusione che ancora una volta le banche sono senza dubbio gli istituti più centrali del network, in quanto la loro distanza geodetica dagli altri istituti è in media molto minore rispetto a quella esistente tra istituti diversi. Esse pertanto ricoprono una posizione fondamentale nel collegamento tra tutti e tre gli istituti all'interno del network e la velocità di trasmissione degli shock aumenta in maniera significativa quando sono coinvolti tali istituti. Questo significa che le difficoltà di un istituto assicuratore o di un fondo comune di investimento si trasmettono con molta più probabilità a o da una banca piuttosto che da assicurazione ad hedge funds, o viceversa.

Un'altra deduzione che l'indice di closeness permette in questo caso è che banche ed assicurazioni sono meglio connesse rispetto a quanto lo siano gli altri istituti, mentre hedge funds ed assicurazioni hanno un nesso di causalità nella determinazione dei rendimenti che, su base pluriennale, è meno spiccato.

Questo tuttavia non implica che essi siano degli attori passivi all'interno del mercato finanziario europeo, in quanto seppur tendano a rallentare la velocità di propagazione di uno shock rispetto a quanto fanno le altre coppie, essi presentano comunque un grado di connessione elevato.

CLOSENESS CENTRALITY BK-HF 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5155	0.5406	0.5747	0.5990	0.6135	0.9434
CLOSENESS CENTRALITY BK-HF 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6024	0.6667	0.7143	0.7659	0.8621	0.9804
CLOSENESS CENTRALITY BK-HF 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5435	0.5781	0.6250	0.6591	0.6849	0.9804
CLOSENESS CENTRALITY BK-HF 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5618	0.6098	0.6410	0.6982	0.7937	0.9615
CLOSENESS CENTRALITY BK-INS 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5435	0.5988	0.6329	0.6518	0.6993	0.9615
CLOSENESS CENTRALITY BK-INS 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6410	0.7246	0.7812	0.7920	0.8475	0.9804
CLOSENESS CENTRALITY BK-INS 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5618	0.6494	0.6849	0.7178	0.7875	1.0000
CLOSENESS CENTRALITY BK-INS 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.6173	0.6536	0.7042	0.7323	0.8197	0.9804
CLOSENESS CENTRALITY HF-INS 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.4902	0.5263	0.5495	0.5709	0.5747	0.8772
CLOSENESS CENTRALITY HF-INS 2004-2006					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5495	0.5988	0.6579	0.6929	0.7576	0.9615
CLOSENESS CENTRALITY HF-INS 2007-2009					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5263	0.5495	0.5618	0.6060	0.6135	0.8929
CLOSENESS CENTRALITY HF-INS 2010-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.5682	0.5882	0.6098	0.6647	0.7463	0.9804

TABELLA 4.7: Valori dell'indice di closeness centrality calcolati per ogni coppia di intermediari finanziari (Banche-Hedge Funds, Banche-Assicurazioni, Hedge Funds-Assicurazioni) e per triennio di analisi.

Infine una considerazione sull'indice di betweenness centrality per le coppie (FIGURA 4.8). Come faceva presagire l'analisi sulle singole tipologie di istituto, in tal senso la categoria degli hedge funds ha un ruolo strategico preponderante. Le due coppie che presentano indice di betweenness più elevato sono infatti quella HF-INS (38.860) e quella BK-HF (35.020), cioè entrambe quelle che includono gli hedge funds.

L'importanza strategica che ricoprono i fondi d'investimento è quindi molto elevata all'interno del network. Una possibile interpretazione è che tali istituti abbiano minori esposizioni comuni con le banche e le assicurazioni, ma che quelle esposizioni siano molto importanti a livello di trasmissione degli shock. Essi influenzano significativamente il flusso delle informazioni e l'efficienza della rete, pertanto non hanno il ruolo passivo che era stato riscontrato nei mercati americani da Billio et alt. (2011), che affermano:

"These results [...] suggest that banks may be more concern than hedge funds from the perspective of connectedness, thoug hedge funds may be the 'canary in the cage' that first experience losses when financial crisis hit".

Il risultato ottenuto in questo studio è invece coerente con quanto analizzato da Cusin (2011-2012): "[…] *fa pensare che gli hedge funds siano una categoria di intermediari con un'alta probabilità di causare problemi, i quali possono poi espandersi anche agli altri settori, generando quindi crisi di tipo sistemico. Possono essere definiti, gli hedge funds, come dei "raccoglitori" e "distributori" di rischio sistemico."*

BETWEENNESS CENTRALITY BK-HF 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.0638	0.3916	3.266	35.020	21.080	375.000

BETWEENNESS CENTRALITY BK-INS 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.7092	5.725	16.150	27.840	38.420	154.500

BETWEENNESS CENTRALITY HF-INS 2004-2012					
Min.	**1st Qu.**	**Median**	**Mean**	**3rd Qu.**	**Max.**
0.000	1.352	3.456	38.860	11.670	595.900

TABELLA 4.8: Valori dell'indice di betweenness centrality calcolati per ogni coppia di intermediari finanziari (Banche-Hedge Funds, Banche-Assicurazioni, Hedge Funds-Assicurazioni) nel periodo 2004-2012.

4.4.1 Riassunto dei risultati

Tutti i risultati ottenuti dall'analisi presentata possono dunque essere riassunti come segue

1. Il network delle istituzioni finanziarie considerate è una rete fortemente connessa, che mostra alti valori di centralità calcolati mediante gli indici di closeness e betweenness centrality. Le connessioni sono basate sul fatto che i rendimenti degli istituti in esame siano influenzati, o influenzino a loro volta, quelli delle altre istituzioni.

2. Il grado di connessione del sistema è stato caratterizzato da un importante trend di crescita, iniziato verso la metà degli anni '90 e proseguito costantemente fino al termine del periodo considerato. Tale incremento è da attribuirsi principalmente alla proliferazione di prodotti finanziari sempre più complessi e differenziati, che per essere gestiti richiedono l'operare congiunto di più istituzioni. Inoltre le politiche di internalizzazione delle istituzioni e le norme governative atte all'apertura dei mercati hanno ulteriormente avvicinato gli istituti finanziari tra loro.

3. Un maggior grado di connessione è associato a periodi che precedono lo scoppio di una crisi finanziaria e ai primi anni della crisi stessa. Questo sostiene la tesi che gli indici di connessione abbiano, seppur limitatamente, un potere previsionale in merito alle situazioni di difficoltà generalizzata del sistema finanziario. Essi possono dunque essere eletti ad indicatori preventivi del grado di rischio sistemico.

4. Tra il 2004 e il 2006 la closeness centrality raggiunge i livelli più elevati, a testimonianza di una maggiore velocità di propagazione delle informazioni finanziarie negative legate alla cartolarizzazione dei titoli tossici americani. La diminuzione dell'indice nel triennio successivo è presumibilmente dovuta alla modificazione nelle relazioni di portafoglio delle istituzioni considerate, che deriva dagli effetti devastanti della crisi stessa, ossia fallimenti, cambiamenti delle strutture aziendali, salvataggi e fusioni, etc. Gli indici su base annuale tuttavia presentano nello stesso periodo valori ancora molto elevati, a testimonianza del fatto che i rendimenti delle istituzioni nel breve periodo restino ancora fortemente legati l'un l'altro, e contribuiscano alla meccanismo di contagio finanziario.

Infine, il leggero rialzo dell'indice nell'ultimo triennio è coerente con un'altra situazione di difficoltà sistemica a livello europeo, che coincide con la crisi del debito sovrano e il pericolo di default di stati quali la Grecia, la Spagna, l'Irlanda, il Portogallo e l'Italia.

5. L'indice di betweenness centrality del network aumenta in maniera decisa nel triennio 2007-2009, in cui si dispiegano gli effetti devastanti della crisi finanziaria. Questo implica che l'importanza strategica delle istituzioni nel determinare il passaggio delle informazioni, e di conseguenza l'efficienza del sistema, è superiore durante il meccanismo di contagio. Il legame tra le istituzioni porta dunque ad un aumento della diffusione dello shock iniziale.

6. Tra le singole istituzioni, le banche sono quelle con un più alto valore di centralità, ossia quelle che presentano la minor media delle distanze geodetiche dagli altri istituti. Questo si traduce in un maggior indice di closeness rispetto agli altri istituti, sia all'interno del network esclusivamente bancario, sia nei network che prendono in esame le coppie di istituzioni. Esse sono pertanto le istituzioni più importanti per quanto attiene alla velocità di propagazione dello shock. Gli hedge funds sono invece le istituzioni che hanno maggior impatto strategico sul sistema, in quanto presentano i valori più elevati per l'indice di betweenness calcolato nei diversi contesti. Il loro ruolo di secondo piano nel mercato statunitense non è pertanto tale in quello europeo.

CONCLUSIONI

La recente crisi finanziaria del 2007-2009, oltre ad aver provocato delle conseguenze devastanti sull'economia reale al livello mondiale, ha avuto anche l'effetto di accendere in maniera ancor più spiccata l'interesse dell'ambiente verso il "rischio sistemico". Questa entità di difficile definizione incorpora l'idea che uno shock che inizialmente colpisce un'istituzione finanziaria possa estendersi poi all'intero sistema, mediante il meccanismo di contagio. Ecco che inquadrare il concetto di rischio sistemico è diventato di fondamentale importanza per cercare di proporre delle misure di quantificazione dello stesso, mirate a poterlo in qualche modo prevedere e prevenire, al fine ultimo di incrementare la stabilità economica globale.

Questo si sostanzia nella proliferazione di una moltitudine di indici di misura, che differiscono tra loro per forma e che si rivelano essere più o meno adatti a seconda della prospettiva dell'utilizzatore e del fine che lo stesso si pone. Ciò che ne è derivato è lo sviluppo di gruppi di misure specificamente basati o sul tipo di dati che si hanno a disposizione, o sulla prospettiva di vigilanza da parte degli enti governativi piuttosto che su quella di ricerca in ambito di studio, ovvero ancora su quella che considera l'orizzonte temporale di riferimento.

Ciò che comunque accomuna tutte le metriche proposte è l'assoluta necessità di tutti gli enti, sia quelli di vigilanza che gli stessi intermediari finanziari che opera nel mercato, di cercare di cogliere quale sia la probabilità che uno shock endogeno o esogeno faccia piombare il sistema in uno stato di crisi generalizzato.

Tale rischio affonda le sue radici in fattori economici noti, che possono essere riassunti con le quattro L delle crisi finanziarie, ossia Leverage, Liquidity, Losses, Linkages. La percentuale di "Indebitamento" (ossia quanto il sistema fonda sul capitale di debito piuttosto che su quello di rischio), il grado di "Liquidità", la spirale delle "Perdite" e i "Collegamenti" tra gli istituti sono le quattro determinanti proprie del rischio sistemico, nonché i prodromi del meccanismo di contagio che ha portato nella recente crisi al fallimento di istituzioni cardine del sistema.

Tra queste quattro pietre d'angolo del rischio ha acquisito sempre più importanza quella riguardante i collegamenti tra gli attori in gioco nel mercato finanziario. Il metodo di studio basato sulla teoria delle reti, già sviluppato e molto utilizzato in campi quali la matematica e la sociologia, irrompe nel contesto economico come nuovo strumento di analisi da poter sfruttare nel tentativo di comprendere il meccanismo di propagazione del rischio finanziario.

La letteratura in materia inizia ad essere sempre più consistente: gli intermediari sono posti alla stregua dei nodi (o vertici) di un grafo che rappresenta il network finanziario, mentre le relazioni che intercorrono tra di essi rappresentano gli spigoli (cioè i collegamenti) della struttura. Nascono moltissime teorie per spiegare come le relazioni tra gli istituti siano fondamentali nella propagazione degli effetti positivi e negativi da un ente all'altro; teorie che tuttavia continuano ad affrontare le difficoltà che un sistema fortissimamente volatile come quello finanziario pone di fronte ad ogni tentativo di gestione e previsione dello stesso.

A tale genesi teoretica viene affiancato un nuovo e vasto processo d'implementazione di modelli empirici, che sottendono lo scopo di un effettiva misurazione del grado di connessione esistente tra i diversi intermediari finanziari. Il fine è cogliere se determinati livelli di connessione siano associabili a precisi gradi di rischio sistemico, risultato che se positivo permetterebbe di programmare gli interventi di regolamentazione e risoluzione della fragilità sistemica.

In linea generale si può affermare che il grado di connessione sistemica ha subito un trend di crescita molto intenso da metà degli anni novanta fino ai nostri giorni. Questo è coerente con la proliferazione di prodotti finanziari sempre più complessi e intersettoriali, con la progressiva deregolamentazione e apertura dei mercati, con l'internalizzazione delle società finanziarie.

Tra tutti i metodi sperimentali, grande importanza ricoprono i cosiddetti indici di centralità: *"degree centrality", closeness centrality", "betweenness centrality" e "eigenvector centrality".* Tale indicatori permettono di cogliere quanto il sistema sia fortemente connesso e quanto i diversi istituti possano influenzare la diffusione degli effetti negativi derivanti da un evento scatenante che colpisce un punto preciso della catena finanziaria.

In questo studio il calcolo degli indici di closeness e di betweenness centrality applicato alla rete finanziaria dell' eurozona - formata da Banche, Assicurazioni ed Hedge Funds - conferma l'importanza di tali conclusioni. L'analisi permette di sostenere che il grado di connessione del mercato finanziario aumenta in maniera preponderante subito prima e durante il primo periodo di una situazione di difficoltà generalizzata del sistema. Inoltre le banche sono gli istituti più fortemente connessi, mentre gli hedge funds ricoprono un'importanza strategica elevata nel passaggio delle informazioni tra altre due istituzioni.

Tuttavia il potere previsionale del rischio sistemico associato agli indici di centralità deve essere sempre considerato come limitato e non completamente esaustivo: i mercati finanziari restano infatti caratterizzati da un grado di complessità che mai potrà essere colto nel suo insieme da un singolo indice empirico o da un modello teorico isolato. Solamente un

approccio multidisciplinare può aumentare la comprensione della fragilità e della volatilità di tale mercato, permettendo politiche di regolamentazione meglio strutturate e sistemi di risposta agli shock più efficienti.

BIBLIOGRAFIA

Acemoglu D., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A., 2013, "Systemic Risk and Stability in Financial Networks", NBER Working Paper No. 18727 Issued in January 2013

Acharya V., Gromb D. and T. Yorulmazer, 2007, "Imperfect competition in the interbank market for liquidity", Working Paper, London Business School

Acharya V. and L. H. Pedersen, 2005, "Asset Pricing with Liquidity Risk", Journal of Financial Economics, vol. 77, pp. 375-410.

Aghion, P., P. Bolton and M. Dewatripont, 2000, "Contagion bank failures in a free banking system", European Economic Review, 44, 713 -718.

Albert R., Barabàsi A.L., 2002, "Statistical mechanics of complex networks", Reviews of Modern Physics, Volume 74, Department of Physics, University of Notre Dame, Notre Dame.

Alfaro R., Drehmann M., "Macro stress tests and crises: what can we learn?", BIS Quarterly Review, December 2009, pp 29–41.

Allen F., Babus A., 2007, "Networks in finance", Wharton Financial Institutions Center Working Paper No. 08-07.

Allen F., Douglas G., 1998, "Optimal Financial Crises", Journal of Finance, 53, 1245-1284.

Allen F., Gale D., 2000, "Financial Contagion", The Journal of Political Economy, Volume 108, Issue 1, Febb. 2000, paf. 1-33

Allen. F., Carletti E., 2008, "The role of liquidity in financial crises", University of Pennsylvania und Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a.M., Working Paper, September 2008.

Banks E., 2005, "Liquidity Risk: Managing Asset and Funding Risk", Palgrave Macmillan.

Barro D., Basso A., 2008, "Credit contagion in a network of firms with spatial interaction", Working Paper n. 186/2008 November 2008, ISSN: 1828-6887, Department of Applied Mathematics, University of Venice

Bollobás, Béla, 1998, "Modern Graph Theory", New York: Springer-Verlag

Billio M., Getmansky M., Lo A.W., Pelizzon L., 2011, "Econometric Measures of Connectedness and Systemic Risk in the Finance and Insurance Sectors", ISSN:1827-3580 No. 21/WP/2011, Ca' Foscari University of Venice, Department of Economics

BIS, 2009, “Financial system and macroeconomic resilience: revisited”, Paper No. 53, Columbia Business School Research Paper No. 12-16.

BIS, 2010, “Colmare le lacune statistiche per una migliore misurazione del rischio sistemico”

Bisias D., Flood M., Lo Andrew W., Valavanis S., 2012, “A Survey of Systemic Risk Analytics”, Office of Financial Research Working Paper 0001

Borio C., Drehmann M., 2009, “Assessing the Risk of Banking Crises – Revisited”, BIS Quarterly Review, 2 March 2009

Borio C., 2010, “Ten propositions about liquidity crises”, CESifo Economic Studies, Vol. 56, 1/2010, 70–95.

Borio C., Drehmann M., 2009, “Towards an operational framework for financial stability: “fuzzy” measurement and its consequences”, BIS Working Papers No 284 June 2009, Monetary and Economic Department

Borgatti Stephen P., Ajay Mehra, Daniel J. Brass, Giuseppe Labianca, 2009, “Network Analysis in the Social Sciences”, Science 13 February 2009: Vol. 323 no. 5916 pp. 892-895

Brunnermeier M., Eisenbach T.M., Sannikov Y., 2012, “Macroeconomics with Financial Frictions: A Survey”, NBER Working Paper No. 18102 Issued in May 2012

Brunnermeier M., Crockett A., Goodhart C., Persaud A.D., Shin H., 2009, “The Fundamental Principles of Financial Regulation”, Geneva Reports on the World Economy - Preliminary Conference Draft 2009, International Center For Monetary And Banking Studies

Callaway D.S., Newman M.E.J., S. H. Strogatz, D. J. Watts, 2000, “Network robustness and fragility: Percolation on random graphs”, Phys. Rev. Lett. 85, 5468-5471 (2000)

Chan-Lau J.A., 2010, “Balance Sheet Network Analysis of Too-Connected-to-Fail Risk in Global and Domestic Banking Systems”, IMF Working Paper WP/10/107

Cont Rama, Moussa Amal, Santos E.B., 2013, “Network Structure and Systemic Risk in Banking Systems”, Cambridge University Press

Cusin Francesco, anno accademico 2011 – 2012, “Misure di rischio sistemico e connettività nei mercati finanziari: analisi del mercato europeo”, tesi di laurea in Economia e Finanza

Degryse H., Ather Elahi M., Penas María F., 2009, “Cross-Border Exposures And Financial Contagion”, European Banking Center Discussion Paper No. 2009–02

Diestel, Reinhard, 2005, “Graph Theory” (3rd edition ed.), Graduate Texts in Mathematics, vol. 173, Springer-Verlag. ISBN 3-540-26182-6.

European Central Bank , January 2010, “Recent Advances In Modelling Systemic Risk Using Network Analysis”.

Freeman Linton, 2004 “The Development of Social Network Analysis A Study in the Sociology of Science”, Vancouver: Empirical Press, 2004. 208

Gai Prasanna, Kapadia Sujit, 2010, “Contagion in financial networks”, Working Paper No. 383, Bank of England

Garratt Rodney J, Mahadeva Lavan, Svirydzenka Katsiaryna, 2011, “Mapping systemic risk in the international banking network ” Working Paper No. 413, Bank of England

Haldane Andrew G,, 2012, “Tails of the Unexpected”, Bank Of England speech - given at “The credit crisis five years on: unpacking the crisis” - conference held at the University of Edinburgh Business School, 8-9 June 2012.

Hansen Lars Peter, 2013, “Challenges in Identifying and Measuring Systemic Risk”, Becker Friedman Institute for Research in Economics , Working Paper No. 2012-012

He Zhiguo, Krishnamurthy Arvind, 2012, “A Macroeconomic Framework for Quantifying Systemic Risk”, Chicago Booth Research Paper No. 12-37

Hong H., Wu D., 2013, “Systemic Funding Liquidity Risk and Bank Failures”

Jackson M.O., 2009, “Networks and Economic Behavior”, The Annual Review of Economics, Vol. 1, pages 489-513, January 2009.

Kaufman George G., 1996, “Bank Failures, Systemic Risk, And Bank Regulation ”, Cato Journal, Vol. 16, No. 1

Linton C. Freeman, 2004, “The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science”, Empirical Press, Vancouver, BC

Moussa A., 2011, “Contagion and Systemic Risk in Financial Networks”, PhD Dissertation, Columbia University.

Newman M., Barabàsi A., Watts D.J., 2006, “The Structure of Dynamics Networks”, Princeton University Press

Nikolaou Kleopatra, 2009, “Liquidity (risk) concepts - Definitions and interactions”, Working paper series ECB, No 1008 / february 2009

Rodríguez-Moreno M., Peña J.I., 2013, “Systemic Risk Measures: The simpler the better?”, J. of Finan. Intermediation Volume 37, Issue 6, June 2013, Pages 1817–1831

Sangwon Suh , 2012, “Measuring Systemic Risk: a factor-augmented correlated default approach”, J. Finan. Intermediation Volume 21, Issue 2, April 2012, Pages 341–358

Scott J., 2010, “Social network analysis: developments, advances, and prospects”, University of Plymouth, Plymouth, UK

“Social Network Analysis, Theory and Applications”, 2011, PDF generated using the open source mwlib toolkit. See http://code.pediapress.com/ for more information.

Taylor J.B., 2009, “Defining Systemic Risk Operationally”, Ending Government Bailouts As We Know Them, Hoover Press, Stanford University

“The Financial Crisis Inquiry Report - Final Report of The National Commission on the causes of the Financial and Economic Crisis in the United States”, January 2011

Upper Christian, 2011, “Simulation methods to assess the danger of contagion in interbank markets”, Journal of Financial Stability, Volume (Year): 7 (2011), Issue (Month): 3 (August), Pages: 111-125

Upper C., Worms A., 2004, “Estimating bilateral exposures in the German interbank market: Is there a danger of contagion?”, European Economic Review 48, 827-849.

Wasserman S., Faust K., 1994, “Social network analysis: methods and applications”, Cambridge University Press, New York

Wasserman S, Galaskiewicz J. , 1994, “Advances in social network analysis”, Sage, Beverley Hills

Wellman B, Berkowitz S., 1988, “Social structures”, Cambridge University Press, New York

RINGRAZIAMENTI

Quando si intraprende un percorso impegnativo come la scrittura della tesi di laurea non si può prescindere dall'aiuto e dall'affetto delle persone che ci circondano. Chi più chi meno, chi un modo chi nell'altro, le persone a me care sono state fondamentali nella conclusione della mia carriera universitaria. Elencarle tutte in poche righe sarebbe impossibile, quindi sono costretto, mio malgrado, a citarne solo alcune, pur non dimenticandone nella realtà nessuna.

Ringrazio innanzitutto la mia famiglia, che mi ha sempre sostenuto e incoraggiato, in ogni momento, sia quelli di gioia che quelli di difficoltà. Nulla sarebbe stato possibile senza mia madre, mio padre e mio fratello, che si sono sempre dimostrati pronti ad aiutarmi oltre i miei meriti. Spero che il mio impegno in questo periodo li abbia ripagati dei loro sforzi, rendendoli fieri di loro figlio.

Un grazie al mio relatore, Claudio Pizzi, che mi ha assegnato una tesi non semplice ma davvero molto interessante; le difficoltà incontrate sono state ampiamente ripagate dall'interesse del tema e da quanto io sia uscito arricchito da questo lavoro. Grazie per il suo aiuto e la sua disponibilità.

Un ringraziamento va poi ad alcuni dei miei amici, che mi hanno accompagnato durante questo periodo:

- Matteo, l'amico migliore che si possa chiedere, perché anche da Londra è riuscito a farmi sentire la sua vicinanza e a darmi preziosi consigli.
- Di nuovo mio fratello, Francesco, sempre fondamentale quando si ha che fare con i computer.
- Federica e Maddalena, per avermi fatto ridere anche quando sembrava che non avessi la forza di farlo.
- Pippo, Cose, Frenk, Gomi e Nico, con cui ho condiviso delle gioie bellissime, che mi hanno aiutato a continuare il mio lavoro con meno stanchezza.
- Samuele, per la sua incredibile disponibilità.

Infine gli ultimi due ringraziamenti, quelli più importanti per me, strettamente legati insieme. A Giulia, la mia ragazza, che per me vuol dir tutto: la tua fede e la tua presenza sono stati come l'acqua nel deserto, così come lo sono ogni giorno da dieci anni.

E a Dio, senza il quale tutto questo non solo non avrebbe un senso, ma non esisterebbe nemmeno: grazie.