



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Sede Consorziata: ALMA MATER STUDIORUM – Università di Bologna

Dipartimento di Innovazione Meccanica e Gestionale

Dipartimento di Scienze Aziendali

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN: INGEGNERIA GESTIONALE ED ESTIMO

INDIRIZZO: Ingegneria Gestionale

CICLO: XX

La struttura e l'evoluzione del network dei ricercatori e l'impatto sulle performance

Direttore della Scuola: Ch.mo Prof. Giuseppe Stellin

Supervisore: Ch.mo Prof. Alessandro Grandi

Dottorando: Matteo Vignoli

DATA CONSEGNA TESI

31 gennaio 2008

*A Claudia e alla mia famiglia,
per aver creduto in me, sempre.*

Sommario

Indice delle Figure	iii
Indice delle Tabelle	vii
Abstract	ix
Introduzione.....	xiii
Il framework di riferimento.....	xiii
Il problema di ricerca	xiv
Organizzazione del lavoro	xv
Capitolo 1 - Analisi della letteratura	1
La collaborazione scientifica	1
Il concetto di collaborazione scientifica.....	4
La collaborazione scientifica come rete sociale	7
Lo studio della collaborazione scientifica	10
La bibliometria e la valutazione delle performance della ricerca	17
I gruppi di ricerca	22
Scientific Collaboration Networks.....	28
Social Network Evolution	31
Capitolo 2 - Sviluppo delle ipotesi.....	37
Definizione dell'unità di analisi:	42
Capitolo 3 - I dati e i metodi.....	45
I dati	45
La raccolta dei dati (strumenti)	61
Il modello statistico: Actor Oriented.....	67
I metodi	75
Piano di analisi	79
Capitolo 4 - Risultati	83
Discrete Time Network Visualization	83
Simulation Investigation for Empirical Network Analysis (SIENA)	128

Capitolo 5 - Discussione e Conclusioni	155
Sintesi delle attività svolte	155
Sintesi dei risultati raggiunti.....	157
Discussione delle ipotesi formulate	158
Contributo del lavoro di tesi.....	161
Implicazioni.....	163
Limiti.....	165
Sviluppi futuri	166
Bibliografia	169
Ringraziamenti.....	177

Indice delle Figure

Figura 1 – La Co-authorship e le sue cause	12
Figura 2 - Addetti alla ricerca (strutturati)	45
Figura 3 - Evoluzione delle qualifiche nel tempo	46
Figura 4 - Classificazione unica dei Prodotti della Ricerca	49
Figura 5 - Classificazione unica dei Prodotti della Ricerca	50
Figura 6 - Produttività e Collaborazione (Bologna)	56
Figura 7 - Produttività e Collaborazione	56
Figura 8 - Media di collaboratori per prodotto	58
Figura 9 - Collaborazioni su Articoli.....	59
Figura 10 - Collaborazioni su Brevetti	59
Figura 11 - Collaborazioni su capitoli di libro	60
Figura 12 - Collaborazioni su Monografie e trattati scientifici.....	60
Figura 13 – STAT – Omofilia	84
Figura 14 – STAT – 1996 - Situazione Iniziale	85
Figura 15 – STAT – 1997 - Nuovi Entranti.....	85
Figura 16 – STAT – 1998 - Nuovi Entranti.....	86
Figura 17 – STAT – 1999 - Nuovi Entranti.....	87
Figura 18 – STAT – 2000 - Nuovi Entranti.....	88
Figura 19 – STAT – 2001 - Nuovi Entranti.....	89
Figura 20 – STAT – 2002 - Nuovi Entranti.....	90
Figura 21 – STAT – 2003 - Nuovi Entranti.....	91
Figura 22 – STAT – 2004 - Nuovi Entranti.....	91
Figura 23 – STAT – 2005 - Nuovi Entranti.....	92
Figura 24 – STAT – 2006 - Nuovi Entranti.....	93
Figura 25 – STAT – 2007 - Nuovi Entranti.....	94
Figura 26 – EDU – Omofilia	95
Figura 27 – EDU – 1996 – Situazione Iniziale	96
Figura 28 – EDU – 1997 - Nuovi Entranti.....	96

Figura 29 – EDU – 1998 - Nuovi Entranti	97
Figura 30 – EDU – 1999 - Nuovi Entranti	97
Figura 31 – EDU – 2000 - Nuovi Entranti	98
Figura 32 – EDU – 2001 - Nuovi Entranti	98
Figura 33 – EDU – 2002 - Nuovi Entranti	99
Figura 34 – EDU – 2003 - Nuovi Entranti	100
Figura 35 – EDU – 2004 - Nuovi Entranti	101
Figura 36 – EDU – 2005 - Nuovi Entranti	102
Figura 37 – EDU – 2006 - Nuovi Entranti	103
Figura 38 – EDU – 2007 - Nuovi Entranti	104
Figura 39 – DSA – Omofilia	105
Figura 40 – DSA – 1996 - Situazione Iniziale	106
Figura 41 – DSA – 1997 - Nuovi Entranti	107
Figura 42 – DSA – 1998 - Nuovi Entranti	108
Figura 43 – DSA – 1999 - Nuovi Entranti	109
Figura 44 – DSA – 2000 - Nuovi Entranti	110
Figura 45 – DSA – 2001 - Nuovi Entranti	111
Figura 46 – DSA – 2002 - Nuovi Entranti	112
Figura 47 – DSA – 2003 - Nuovi Entranti	113
Figura 48 – DSA – 2004 - Nuovi Entranti	114
Figura 49 – DSA – 2005 - Nuovi Entranti	115
Figura 50 – DSA – 2006 - Nuovi Entranti	116
Figura 51 – DSA – 2007 - Nuovi Entranti	117
Figura 52 – SOC – Omofilia	118
Figura 53 – SOC – 1996 - Situazione Iniziale	119
Figura 54 – SOC – 1997 - Nuovi Entranti	119
Figura 55 – SOC – 1998 - Nuovi Entranti	120
Figura 56 – SOC – 1999 - Nuovi Entranti	121
Figura 57 – SOC – 2000 - Nuovi Entranti	122
Figura 58 – SOC – 2001 - Nuovi Entranti	122
Figura 59 – SOC – 2002 - Nuovi Entranti	123
Figura 60 – SOC – 2003 - Nuovi Entranti	124
Figura 61 – SOC – 2004 - Nuovi Entranti	124

Figura 62 – SOC – 2005 - Nuovi Entranti	125
Figura 63 – SOC – 2006 - Nuovi Entranti	126
Figura 64 – SOC – 2007 - Nuovi Entranti	127

Indice delle Tabele

Tabella 1 - I motivi per cui le persone collaborano.....	14
Tabella 2 - Attributi associati con lo studio della Produttività della Ricerca	18
Tabella 3 - Fattori che influenzano la produttività della ricerca	19
Tabella 4 - Principali misure di co-authorship.....	30
Tabella 5 - Classificazione delle Pubblicazioni Scientifiche	46
Tabella 6 - Classificazione delle Pubblicazioni Umanistiche	47
Tabella 7 - Macro Tipologie.....	50
Tabella 8 - Tipologie	51
Tabella 9 – Tabella di raccordo tra le classificazioni	51
Tabella 10 - Lavori di ricerca ad un solo autore	55
Tabella 11 - Collaborazioni nei lavori di Ricerca.....	57
Tabella 12 - Punteggio assegnato ai lavori di ricerca.....	61
Tabella 13 - Domande dell'intervista semi-strutturata.....	65
Tabella 14 - Principali forze strutturali.....	68
Tabella 15 – Parametri collegati alle caratteristiche degli attori	69
Tabella 16 - Modello completo e ridotto per l'evoluzione del network	72
Tabella 17 - Omofilia, Funzionalità e Aspettative di status.....	127
Tabella 18 - Indipendenza diadica.....	128
Tabella 19 - Indipendenza tra network e behavior	129
Tabella 20 – STAT – Statistiche descrittive.....	131
Tabella 21 – STAT – Selezione ed Influenza (A).....	131
Tabella 22 – STAT – Selezione ed Influenza (B).....	132
Tabella 23 – STAT – Influenza e Chiusura Transitiva (A)	132
Tabella 24 – STAT – Influenza e Chiusura Transitiva (B)	133
Tabella 25 – STAT – Influenza approfondito (A).....	134
Tabella 26 – STAT – Influenza approfondito (B).....	134
Tabella 27 – STAT – Omofilia e Influenza (A)	135
Tabella 28 – STAT – Omofilia e Influenza (B)	136

Tabella 29 – EDU – Statistiche descrittive	137
Tabella 30 – EDU – Selezione e Influenza (A)	137
Tabella 31 – EDU – Selezione ed Influenza (B)	138
Tabella 32 – EDU – Influenza e Chiusura Transitiva (A).....	138
Tabella 33 – EDU – Influenza e Chiusura Transitiva (B).....	139
Tabella 34 – EDU – Influenza approfondito (A)	140
Tabella 35 – EDU – Influenza approfondito (B)	140
Tabella 36 – EDU – Omofilia e Influenza (A).....	141
Tabella 37 – EDU – Omofilia e Influenza (B).....	141
Tabella 38 – DSA – Statistiche descrittive	143
Tabella 39 – DSA – Selezione e Influenza (A)	143
Tabella 40 – DSA – Selezione e Influenza (B).....	144
Tabella 41 – DSA – Influenza e Chiusura Transitiva (A).....	144
Tabella 42 – DSA – Influenza e Chiusura Transitiva (B).....	145
Tabella 43 – DSA – Influenza approfondito (A)	145
Tabella 44 – DSA – Influenza approfondito (B)	146
Tabella 45 – DSA – Omofilia e Influenza (A).....	147
Tabella 46 – DSA – Omofilia e Influenza (B).....	147
Tabella 47 – SOC – Statistiche descrittive	149
Tabella 48 – SOC – Selezione e Influenza (A)	149
Tabella 49 – SOC – Selezione e Influenza (B).....	150
Tabella 50 – SOC – Influenza e Chiusura Transitiva (A).....	150
Tabella 51 – SOC – Influenza e Chiusura Transitiva (B).....	151
Tabella 52 – SOC – Influenza approfondito (A)	151
Tabella 53 – SOC – Influenza approfondito (B)	152
Tabella 54 – SOC – Omofilia e Influenza (A).....	153
Tabella 55 – SOC – Omofilia e Influenza (B).....	153
Tabella 56 - Effetto della Performance sul network.....	154

Abstract

La collaborazione è la modalità di lavoro che viene impiegata quando un gruppo di portatori di interesse si impegnano nella risoluzione di un problema in un processo iterativo, utilizzando regole condivise, norme e strutture per agire o decidere sulle questioni correlate alla risoluzione del problema (Wood et al. 1991). In particolare nella ricerca scientifica la collaborazione è contemporaneamente metodo di lavoro e oggetto di studio, in quanto l'interesse scientifico deriva dalla constatazione che, ad oggi, rappresenta la modalità comune di fare ricerca (Moody 2004).

Questo lavoro di tesi risponde al bisogno di comprendere a fondo la dinamica evolutiva della collaborazione dei singoli all'interno dei gruppi di ricerca e il suo rapporto con la performance, ammettendo che la performance di un ricercatore sia misurabile e possa essere inferita dalle opere prodotte e che possa essere messa in relazione con l'evoluzione del network che coinvolge i singoli e le loro relazioni e che è contemporaneamente effetto di influenza e selezione rispetto al loro comportamento.

Il network oggetto di studio è quello che emerge dalla collaborazione scientifica, ovvero una rete auto-organizzante che si evolve a partire dalla comunanza di interessi dei singoli ricercatori. La peculiarità della collaborazione scientifica rispetto alla collaborazione in generale è che fa riferimento ad un modello non gerarchico, che lascia al singolo ricercatore, in ogni momento della sua carriera, la libertà di decidere con chi e in che modo collaborare.

Per approfondire questo argomento viene ipotizzato che nell'entrata in un gruppo di ricerca, l'omofilia prevalga sulla funzionalità e sulle aspettative di status; che l'aumento della performance di un singolo ricercatore sia correlato positivamente con l'evoluzione del network e infine che l'evoluzione della performance di un ricercatore avvenga principalmente per influenza.

Applicando una triangolazione di metodologie quali la Discrete Time Network Visualization (Powell et al. 2005), l'Actor Oriented Modeling (Snijders 1996) e le interviste semi-strutturate (Spradley 1979; Wengraf 2001), viene studiata la co-evoluzione del network e delle performance dei ricercatori che appartengono a quattro dipartimenti dell'Università di Bologna, per un periodo che va dal 1996 al 2007.

I risultati supportano l'ipotesi che l'omofilia, intesa come comuni interessi di ricerca, sia il meccanismo che descrive la motivazione dell'ingresso in un gruppo di ricerca, che le performance di un ricercatore vengano influenzate dal gruppo a cui appartiene, dal rapporto con il principal investigator e dalle sue stesse capacità e che il meccanismo di co-evoluzione preveda un rapporto coeso verso l'interno del gruppo (legami forti) e occasionale verso

l'esterno (legami deboli). I risultati non supportano invece l'ipotesi che l'aumento delle performance implichi aumento del network.

Il lavoro si conclude presentando il contributo empirico, come l'unicità del campione utilizzato; il contributo metodologico, nell'utilizzo e nel raffinamento dell'Actor Oriented Modeling per le reti non orientate; e il contributo teorico, nella comprensione dei meccanismi evolutivi dei gruppi di ricerca. Sono infine discusse le implicazioni per la policy e il management, i limiti e le direzioni di ricerca futura.

Abstract

Collaboration occurs when a group of autonomous stakeholders of a problem domain engages in an interactive process, using shared rules, norms and structures, to act or decide on issues related to that domain (Wood et al. 1991). In particular in scientific research collaboration is at the same time working method and study subject, since the scientific interest comes from realization that, so far, collaboration is the common way of doing research (Moody 2004).

This work is in response to the need of deeply understand the evolutionary dynamic of individuals' collaboration in research group and the connection with performance. This can be done supposing that we can measure a researcher performance from his publications and that this can be related to the network evolution which is at the same time effect of selection and influence regarding the behavior.

We will study the scientific collaboration network, which is an evolving self-organizing network based on similarity of researchers' scientific interests. The peculiarity of scientific collaboration compared with collaboration in general is that it is referred to a non hierarchic model. This leaves the researcher free to decide to whom and how to collaborate.

Some hypotheses are tested in order to understand this pattern. First we will test if the pattern of attachment is homophily versus functionality or status expectations. Second we will test if the rise of performance of a researcher is positively correlated with network evolution. Finally we will test if the researchers' performance evolution is explained by influence.

To explore these questions, applying three methodologies, the Discrete-Time Network Visualization (Powell et al. 2005), the Actor Oriented Modeling (Snijders 1996) and the semi-structured interviews (Spradley 1979; Wengraf 2001), we will study researchers' co-evolution of network and performance in four departments at Bologna University from 1996 to 2007.

Results show that homophily, meaning common research interests is the main mechanism to explain the attachment to a research group. Researcher performance is influenced by the groups he belongs to, the principal investigator and his capabilities. The co-evolution mechanism requires strong ties inside the group and weak ties outside. Results do not support the hypothesis that performance rises is positively correlated with network increase.

Implications of these findings include an empirical contribution, as the uniqueness of the sample; a methodological contribution, as the refinement of the Actor Oriented Model for non-directed networks; and a theoretical contribution, as the understanding of research groups' evolutionary mechanisms. In the last section of this work we discuss about policy and management implications, limitations and directions for future research.

Introduzione

Negli ultimi anni, il tema della collaborazione è divenuto prioritario per i ricercatori in molti campi del sapere: nell'industria, nella scienza e nell'amministrazione pubblica c'è un bisogno crescente di raggiungere obiettivi complessi che sono conseguibili solo attraverso lo sforzo collaborativo di una molteplicità di individui, gruppi e organizzazioni. In particolare nella ricerca scientifica la collaborazione è contemporaneamente metodo di lavoro e oggetto di studio ed è un complesso fenomeno sociale che è stato studiato sistematicamente fin dagli anni sessanta. Gli studi esistenti illustrano perché è importante, quanto frequentemente avviene e alcuni fattori che ne influenzano l'efficacia o la produttività. L'approfondimento di questo studio nella tesi di dottorato ha come obiettivo la comprensione dei meccanismi che governano l'evoluzione dei gruppi di ricerca in un contesto organizzativo.

Il framework di riferimento

“Fondamentalmente, sono le persone che collaborano, non le istituzioni” (Katz et al. 1997), infatti la cooperazione diretta tra due o più ricercatori è l'unità fondamentale della collaborazione, che si organizza, in genere, in un gruppo di ricerca. Laudel (2001) ha mostrato come quasi tutte le collaborazioni inizino con un confronto faccia a faccia. Il punto fondamentale che emerge dalla letteratura è il riconoscimento che la matrice sociale nella quale gli scienziati lavorano, comunicano e collaborano potrebbe essere più importante nel corso del progresso scientifico di quanto non fosse stato riconosciuto in precedenza.

La collaborazione scientifica è, infatti, da lungo tempo oggetto di studi, come ad esempio quello di “invisible college” (Price et al. 1966) che descrive la tendenza degli scienziati ad organizzarsi in network informali basati su affinità scientifiche, oppure le analisi di citazioni, co-citazioni e relazioni di co-authorship, che hanno portato alla nascita della moderna bibliometria.

In generale, il più importante risultato della ricerca è la creazione di nuova conoscenza, declinata in: nuove domande di ricerca, teorie e modelli. La validità di questi risultati viene tradizionalmente valutata attraverso il concetto di “impatto”, ovvero dal numero delle citazioni di un particolare lavoro o dal prestigio del forum di pubblicazione. Si può quindi assumere che si possa misurare il valore di un particolare lavoro di ricerca in virtù di questi due parametri e che si possa inoltre quantificare la performance di un autore a partire dalla qualità e dalla quantità dei lavori di ricerca prodotti dall'autore stesso.

Dato che la ricerca scientifica avviene sempre più attraverso la collaborazione (Moody 2004), risulta interessante comprendere come questa influenzi la performance del ricercatore e in particolare la produttività e la qualità della ricerca prodotta.

Nella collaborazione, a causa della natura dinamica delle relazioni, risulta non soddisfacente uno studio statico di queste due variabili che, essendo in continua evoluzione, si influenzano reciprocamente. L'evoluzione del network di collaborazione, infatti, dipende spesso dalle caratteristiche dell'attore, attraverso pattern di omofilia o di scambio, ma anche le caratteristiche dell'attore, come ad esempio la performance, possono dipendere dal network, attraverso pattern di assimilazione e di differenziazione.

I fenomeni che questo lavoro si propone di approfondire hanno implicazioni importanti nei seguenti ambiti: Policy, in quanto si potrebbe tener conto di queste dinamiche nelle modalità di acquisizione dei giovani ricercatori e nella sponsorizzazione della mobilità inter-ateneo; la gestione dei dipartimenti, in quanto si potrebbe pensare di considerare il gruppo quale entità rilevante per l'organizzazione; il singolo ricercatore, che aumentando la propria consapevolezza delle dinamiche che correlano le sue performance con quelle del gruppo potrebbe operare congiuntamente per massimizzare i risultati (Porter et al. 1991).

Il problema di ricerca

Gli studi attuali, che si sono concentrati solo su analisi statiche dei gruppi di ricerca, mostrano come tali gruppi tendano ad essere omofiliaci. Nel presente studio si vuole estendere questo concetto anche al contesto dinamico investigandone quindi i meccanismi di ingresso. In particolare si formula l'ipotesi che i singoli tendano ad entrare nei gruppi secondo un pattern di omofilia, che questo sia prevalente rispetto agli altri meccanismi di attachment, quali funzionalità e aspettative di status (Moody 2004).

Inoltre, la crescita dei gruppi di ricerca sembra essere intrinsecamente connessa con le performance, infatti i gruppi di ricerca ad alte performance attraggono persone ad alto potenziale, quindi questi gruppi avranno un vantaggio competitivo nella crescita (van Raan 2006a). L'intuizione di van Raan rimane comunque un punto aperto, in quanto il suo lavoro analizza le performance in relazione alla dimensione dei gruppi e non alla loro evoluzione in termini di relazioni. Questo studio quindi ipotizza che l'evoluzione della performance dei singoli all'interno di un gruppo influisca sull'evoluzione del network di relazioni dei ricercatori.

Un altro risultato importante riguardo all'evoluzione delle reti sociali è quello a cui giungono Centola e collaboratori (2006), che suggeriscono come l'interazione tra omofilia e influenza produca una struttura di nicchia dove i membri sono o assorbiti all'interno del gruppo attraverso l'influenza che il gruppo stesso esercita oppure vengono forzati ad uscire dal gruppo stesso perché non riconosciuti. È significativo che tali nicchie non siano prodotte attraverso la competizione o la pressione selettiva ma attraverso meccanismi di omofilia e influenza in un processo di co-evoluzione. Tale ipotesi teorica richiede una conferma empirica, che può essere conseguita studiando l'evoluzione dei gruppi di ricerca nelle dimensioni di selezione ma soprattutto di influenza. Il presente studio pertanto ipotizza che l'evoluzione delle performance di un ricercatore che appartiene ad un gruppo avvenga principalmente per influenza.

Riprendendo quanto si accennava sopra, uno dei modi più comuni per studiare la collaborazione scientifica è attraverso l'analisi di dati bibliometrici. Nella grande maggioranza degli studi viene tracciata l'incidenza di articoli a più autori e viene usato questo parametro, definito co-authorship e scelto perché tangibile e ben documentato, come proxy della collaborazione.

Al fine di indagare empiricamente il tema in questione sono state considerate le pubblicazioni di un importante Ateneo italiano negli anni che vanno dal 1996 al 2006, che saranno studiate in relazione alla performance individuale con un approccio multi livello.

Allo scopo di testare le ipotesi proposte, nello studio vengono adottate tre metodologie: la prima è la Discrete-Time Network Visualization, proposta da Powell et. al. (2005), che consiste nella generazione di una serie di immagini della rete in ogni periodo, con indicazione separata dei nuovi nodi e dei nuovi legami e che permette una visione sintetica degli effetti di omofilia e di selezione. La seconda è di natura statistica e si basa sul confronto di dati sull'evoluzione inferiti con un processo stocastico markoviano con i dati reali. Quest'ultima metodologia, proposta da Snijders e implementata nel software SIENA (Snijders et al. 2007), permette di studiare l'evoluzione del network basandosi sulle caratteristiche dei suoi attori e consente di separare il fenomeno della selezione da quello dell'influenza. La terza è rappresentata da interviste semi-strutturate (Spradley 1979; Wengraf 2001), volte a facilitare l'interpretazione dei fenomeni oggetto di studio attraverso il confronto diretto con i ricercatori.

Organizzazione del lavoro

Questo lavoro di tesi è organizzato in cinque capitoli. Nel primo viene esposta la letteratura che si è occupata di collaborazione nella scienza, partendo dal concetto stesso di collaborazione, fino ad arrivare alla collaborazione come rete sociale, che si organizza in gruppo di ricerca. Un aspetto fondamentale nell'evoluzione della scienza sono i risultati che vengono raggiunti e le modalità che la stessa comunità scientifica si è data per valutarla; nella seconda parte del capitolo vengono introdotte le principali misure della produttività scientifica e un approfondimento sull'evoluzione delle reti sociali, quali gli Scientific Collaboration Networks.

Nel secondo capitolo, a partire dalla letteratura, vengono derivate le ipotesi sulla cui analisi è incentrato questo lavoro. In particolare viene identificata l'unità di analisi che prende in considerazione il singolo e il gruppo (o i gruppi) di ricerca nel quale opera.

Nel terzo capitolo vengono presentati i dati scelti per il test delle ipotesi e la metodologia adottata, con un approfondimento sul modello statistico Actor Oriented. Questa metodologia innovativa ha permesso di studiare le ipotesi trattando il problema dell'autocorrelazione implicita nell'evoluzione di network e comportamento.

Nel quarto capitolo vengono illustrati i risultati delle analisi e della metodologia visuale, accompagnando le figure e le tabelle da commenti che ne facilitino la comprensione.

Nel quinto ed ultimo capitolo vengono discussi criticamente i risultati conseguiti, e le relative implicazioni. Viene inoltre identificato il contributo teorico, metodologico ed empirico che questo lavoro ha apportato. L'elaborato si chiude presentando i limiti che sono emersi nel corso del lavoro e le possibili direzioni di ricerca futura.

Capitolo 1

Analisi della letteratura

La collaborazione scientifica

La collaborazione scientifica è un complesso fenomeno sociale che è stato studiato sistematicamente fin dagli anni sessanta. Gli studi esistenti illustrano perché è importante, quanto frequentemente avviene e alcuni fattori che ne influenzano l'efficacia o la produttività.

Contrariamente a quanto si potrebbe credere oggi la collaborazione ha una storia relativamente recente. I primi esempi documentati di collaborazione nella scienza possono essere datati nel periodo che va da 1800 al 1830, quando alcuni chimici francesi hanno cominciato a lavorare assieme (co-laboro) e a pubblicare indicando più autori. Successivamente la collaborazione scientifica è cresciuta lentamente fino alla prima guerra mondiale, quando il trend ha subito una discontinuità. L'evento bellico ha richiesto, infatti, un grande impegno da parte della comunità scientifica, che ha risposto aumentando in modo più che proporzionale il livello di collaborazione. La statistica delle *co-authorship* dal punto di vista storiografico segue una distribuzione di Poisson, ovvero inizialmente è un evento relativamente raro, che successivamente tende gradualmente ad una distribuzione binomiale negativa via via che la collaborazione diventa più frequente. All'inizio la MODA della *co-authorship* si attestava su due unità, attualmente, a livello di singolo attore è molto più alta, ma rimane due se si considerano i laboratori o i gruppi di ricerca. Dopo la seconda guerra mondiale c'è stata una ulteriore discontinuità nell'organizzazione della ricerca scientifica, andando dalla "little science" alla "big science", soprattutto per le scienze naturali, che sono passate da collaborazioni di poche persone fino a collaborazioni di centinaia di ricercatori, come da esempio gli esperimenti della fisica dell'energia. In questi tipi di lavori la *co-authorship* segue una distribuzione "power law"¹. Di fatto, quindi, non c'è una distribuzione unica che descriva le piccole collaborazioni (N<5) e le grandi collaborazioni, infatti questi fenomeni sono trattati concettualmente ed operativamente come distinti (Beaver et al. 1978; Beaver et al. 1979a; Beaver et al. 1979b).

L'interazione tra gli scienziati è da lungo tempo l'essenza della pratica scientifica, infatti molte fasi del processo di ricerca sono associate ad attività di comunicazione e collaborazione. Negli

¹ La *power-law* è una espressione matematica per una distribuzione che è molto differente da una gaussiana, dove la maggior parte dei nodi avrebbe lo stesso numero di legami. Una rappresentazione a istogramma di questa distribuzione mostrerebbe una curva decrescente che approssima la funzione: $Y = X^\alpha$.

ultimi anni la collaborazione scientifica ha continuato ad aumentare in frequenza ed importanza, affrontando sempre più complessi problemi scientifici e confrontandosi con problemi politici, economici e sociali (Clarke 1964; Heffner 1981; Price et al. 1966; Smith 1958) e divenendo, di fatto, un prerequisito per la scienza moderna (Melin et al. 1996). Ognuno di questi studiosi, anche se in modi differenti, ha posto una questione fondamentale, evidenziando come la matrice sociale nella quale gli scienziati lavorano, comunicano e collaborano potrebbe essere più importante nel corso del progresso scientifico di quanto non fosse stato riconosciuto in precedenza.

Questi ed altri approfondimenti hanno contribuito alla costruzione e allo sviluppo della teoria del costruttivismo sociale², che ha come problema centrale lo studio della complessa ragnatela di relazioni sociali associate alla creazione di nuova conoscenza. A questa teoria si sono ispirati vari studi, come ad esempio quello di *"invisible college"* (Price et al. 1966), che descrive la tendenza degli scienziati ad organizzarsi in network informali basati su affinità scientifiche, oppure gli approfondimenti volti all'analisi di citazioni, co-citazioni e relazioni di co-authorship, che hanno portato alla nascita della moderna bibliometria.

La bibliometria o scientometria, come più in generale è denominata, è la disciplina dedicata alla valutazione quantitativa della letteratura scientifica, con lo scopo di analizzare la dinamica della scienza. Le pubblicazioni su riviste scientifiche, libri, atti di convegni e rapporti di studio possono, infatti, fornire molte informazioni sulla quantità, qualità, sull'orientamento ed il contenuto delle attività di ricerca.

I principali prodotti della ricerca possono essere ricondotti a nuove conoscenze e strumenti di formazione, che vengono riconosciuti in generale con un alto valore da parte della società. Per loro natura questi risultati sono intangibili e difficilmente misurabili, pertanto si ricorre alla letteratura scientifica, che incorpora la conoscenza, assumendo che questa possa essere valutata e costituire una fonte per le analisi.

Le pubblicazioni scientifiche sono, infatti, una misura (indiretta) dell'output primario della ricerca perché rappresentano uno dei veicoli principali per il trasferimento dei risultati delle ricerche. I risultati scientifici significativi sono, infatti, sottoposti al vaglio della comunità scientifica nazionale e soprattutto internazionale attraverso la divulgazione in riviste e libri specializzati. Nelle discipline scientifiche di base, in particolare in quelle di tipo biologico, chimico e fisico, si è ormai da tempo affermato, come punto centrale di riferimento per la comunicazione scientifica, il modello della rivista scientifica specializzata internazionale, che si avvale di un gruppo di referee per selezionare gli articoli in funzione di parametri di qualità scientifica.

² Il costruttivismo sociale è una teoria epistemologica che afferma che la costruzione della conoscenza avviene all'interno del contesto socioculturale in cui agisce l'individuo e considera l'apprendimento come un processo di costruzione di significati negoziati assieme agli altri, e non come l'acquisizione di conoscenze che esistono esternamente al discente.

Gli studi bibliometrici degli ultimi anni mostrano un continuo aumento dei lavori a più autori in ogni disciplina della scienza, anche a rilevanza internazionale. Il tasso di crescita e la percentuale degli articoli con più di un autore è diverso tra le discipline, ad esempio è il 99% in chimica (Cronin et al. 2004) e il 71% in filosofia (Cronin et al. 2003). Moody (2004) ha mostrato come i tassi siano differenti anche all'interno della stessa disciplina, infatti in sociologia approssimativamente il 50% degli articoli sono a più firme e variano dall'8 % della sociologia marxista fino al 53% del Social Welfare.

Le differenze all'interno della stessa disciplina sono rilevabili anche dalla produzione di articoli scientifici, perché è noto che i periodici "top" abbiano una più alta frequenza di articoli collaborativi rispetto alla media dei periodici (Beaver 2001; Beaver 2004). Questa evidenza, potrebbe essere certamente indice del fatto che gli articoli a più nomi siano reputati intrinsecamente più validi (Beaver 2004), ma solleva un punto di attenzione sulla metodologia negli studi sulla collaborazione scientifica. Dal punto di vista metodologico, infatti, sebbene ottenere dati utilizzando i database, o selezionando un campione di alcuni giornali o conferenze "top" sembri semplice, non bisogna dimenticare che questi giornali non sono rappresentativi del tutto, in quanto formano una piccola e molto visibile elite. Le ricerche che considerano solo questi dati, quindi, rischiano di commettere errori sulla validità in senso generale dei risultati (Beaver 2001).

Alcuni studiosi (e.g. Atkinson et al. 1998; Chompalov et al. 2002; Havemann 2001; Katz 1994; Olson et al. 2000) hanno notato come la collaborazione sia influenzata dalla distanza geografica, e dall'appartenenza ad una medesima organizzazione o unità di ricerca e hanno cercato nei loro lavori di ovviare al bias appena citato utilizzando l'organizzazione come unità di analisi. Questo aspetto verrà approfondito nel seguito del lavoro e costituisce una premessa metodologica fondamentale per comprendere la struttura di questa ricerca.

La collaborazione scientifica potrebbe sembrare un processo endogeno, organizzato dagli stessi ricercatori, mentre viene sempre più riconosciuto e incentivato a livello di iniziative di politica della scienza, infatti agenzie di finanziamento pubbliche e private richiedono sempre più collaborazioni interdisciplinari, internazionali e inter-istituzionali (ad es: EU 7th framework program).

Come tema di ricerca, la collaborazione scientifica è discussa in molte discipline, come ad esempio la scienza dell'informazione, la psicologia, il management, la sociologia, la scienza politica, la filosofia, e in generale in ogni disciplina in cui la collaborazione si verifica. Sono recentemente emerse diverse comunità che si occupano specificamente di questi temi, come ad esempio la scientometria, che studia i pattern di collaborazione utilizzando metodi quantitativi. Questo tipo di ricerca è approfondito in giornali come *Scientometrics* e il *Journal of American Society of Information Science and Technology (JASIS&T)* e in conferenze come la *International Society for Scientometrics and Informatics (ISSI)* e la *American Society of Science and Technology (ASIS&T)*.

Vi sono altre discipline che studiano come la collaborazione si è evoluta tramite l'utilizzo delle Information and Communication Technology (ICT), discutendone i risultati in conferenze come

la *Association for Computing Machinery* (ACM) e in periodici come il *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW). Questo tipo di ricerca, se declinata nel dominio delle scienze sociali, si occupa di esaminare lo sviluppo della scienza, della tecnologia e della medicina nella sua natura collettiva e i suoi impatti sulla policy. I risultati possono essere trovati in conferenze come la *Society for Social Studies of Science Conference* (4S) e in giornali come *Research Policy* (RP).

Da quanto sopra riportato emerge la frammentarietà della letteratura che si concentra sulla collaborazione, che non presenta un corpus unitario, ma un filone che taglia più discipline e gruppi di discussione. Questa diversità nella ricerca sulla collaborazione scientifica implica che nella letteratura possano essere trovati una varietà di approcci, di terminologia e di metodologie. La collaborazione scientifica, infatti, può essere chiamata in molti modi, come ad esempio collaborazione di ricerca, collaborazione R&D, gruppi di ricerca. I termini utilizzati per categorizzare la collaborazione scientifica includono: collaborazione università-industria, collaborazione inter-, multi-, trans-, cross- disciplina, collaborazione tra scienza e società, collaborazione inter-istituzionale, collaborazione su larga scala (big science, teams of teams) (Sonnenwald 2007). Queste categorie non hanno valenza universale e non sono mutualmente esclusive, ad esempio collaborazione inter- e multi- disciplinare possono essere utilizzate in modo interscambiabile da più autori così come una collaborazione internazionale potrebbe essere anche interdisciplinare. Le metodologie utilizzate per studiare la collaborazione scientifica includono: bibliometria, interviste, osservazione, simulazioni, questionari, riflessioni personali, social network analysis, social network dynamics, e analisi documentale.

Questa varietà di terminologia e di metodologie di ricerca, combinate con la diversità dei forum di pubblicazione presenta un'alta complessità nella comprensione della collaborazione scientifica (Sonnenwald 2007). Per questo diviene fondamentale partire da una definizione chiara della terminologia e dei concetti che si trovano in letteratura per illustrare il processo della collaborazione scientifica sintetizzando i risultati pertinenti alle singole fasi del processo, sia nelle scienze sociali che naturali.

Il concetto di collaborazione scientifica

La collaborazione scientifica può essere definita come l'atteggiamento tra due o più scienziati che facilita la condivisione di concetti e il completamento di attività nel rispetto di un obiettivo sovraordinato, mutuamente condiviso e che si manifesta in un contesto sociale (Sonnenwald 2007).

All'interno della collaborazione possono entrare anche obiettivi personali, come il desiderio di carriera, di finanziamenti (Beaver 2004). Questi obiettivi individuali possono influenzare l'impegno degli scienziati durante il lavoro e le prospettive durante i vari aspetti dell'attività comune.

Le attività all'interno di una collaborazione scientifica sono spesso caratterizzate da un alto grado di incertezza, ad esempio nella ricerca è tipicamente sconosciuto all'inizio qual è

l'obiettivo da raggiungere e il miglior modo per conseguirlo adottando, di fatto, il processo di "trial and error" (Latour 1998). Per questo autore lo studio della scienza non può prescindere dallo studio degli attori, delle dinamiche e degli eventi che si perpetuano nella produzione dello sviluppo scientifico.

Questo approccio introduce i concetti base che saranno affrontati nel seguito di questo lavoro: in primo luogo sottolinea l'importanza dello studio degli attori non intesi solo come scienziati, ma includendo ogni singola entità, umana, non-umana, singola, organizzata, per il contributo alla creazione e al rafforzamento all'attività di produzione della conoscenza scientifica. Questi attori, in aggiunta, non dovrebbero essere studiati come singoli, ma come appartenenti ad un network non precisamente definito, o meglio, rispetto a cui non è chiaro chi è "dentro" al network e chi è "fuori". Latour, infatti, enfatizza il bisogno dell'attore di un approccio "indeciso" alla delimitazione della rete, che permette di associare facilmente altri attori se vi è necessità e che non dipende da un vincolo organizzativo o di sistema. In aggiunta Latour ha dimostrato che questo approccio ha caratteristiche comuni sia su scala micro che macro purché non sia definito cosa viene considerato "esterno", ovvero può essere applicato indifferentemente a un gruppo, a un'organizzazione o a un paese.

In secondo luogo Latour introduce il concetto di "dinamica" sottolineando la necessità di studiare "la scienza in azione" ovvero di studiare il comportamento degli attori nell'evoluzione del network che li coinvolge. Questo permetterebbe di considerare l'evoluzione e la collaborazione come parte fondante del processo di creazione della conoscenza. In terzo luogo ha introdotto il concetto di evento, ovvero di occasione di interazione tra gli attori della rete come elemento caratterizzante del network.

In generale la collaborazione scientifica avviene nel più largo contesto della scienza, che include le peer review, i sistemi di reward, le comunità o "invisible colleges", i paradigmi scientifici, le politiche della scienza nazionali e internazionali, così come la disciplina e le norme universitarie (Sonnenwald 2007). Queste peculiarità della scienza sono spesso usate in letteratura per caratterizzare o classificare le collaborazioni, quelle più frequentemente utilizzate sono di tipo disciplinare, geografico e organizzativo.

Dal punto di vista disciplinare la più comune forma di collaborazione è quella intra-disciplinare, che indica una collaborazione dove ogni partecipante ha conoscenza dalla stessa disciplina o campo del sapere e applica questa conoscenza all'interno della collaborazione che, idealmente, produce nuova conoscenza all'interno di quella disciplina o campo.

Un altro tipo di collaborazione è quella inter-disciplinare, che coinvolge integrazione di conoscenza da due o più discipline. I termini multidisciplinare o cross-disciplinare sono a volte utilizzati indifferentemente, anche se alcune volte si usa il termine multi-disciplinare per intendere una ricerca che usa conoscenza da diverse discipline ma non in modo integrato. Ad esempio, una collaborazione può utilizzare metodi o apparecchiature scientifiche che sono stati originati in una disciplina per investigare una questione di ricerca che nasce in un'altra disciplina. Molta attenzione è stata rivolta a questo tipo di collaborazioni da parte della comunità di ricerca, soprattutto in merito alle aspettative di innovazione derivanti

dall'integrazione di competenze disciplinari diverse. Risulta tuttavia un tema aperto lo studio delle modalità di lavoro che gli scienziati che appartengono a diverse discipline sviluppano in una collaborazione (Sonnenwald 2007).

Le collaborazioni trans-disciplinari sono state definite storicamente come l'integrazione di tutte le conoscenze rilevanti per un particolare problema, come ad esempio la ricerca condotta sul campo, che può coinvolgere l'integrazione delle scienze naturali, di quelle sociali e di molteplici stakeholders che operano nella società (Thompson Klein 2004).

La sede geografica di uno scienziato che partecipa ad una collaborazione fornisce un altro modo di classificare le collaborazioni scientifiche. In una collaborazione remota o distribuita i partecipanti non sono co-localizzati, sia in termini geografici che di affiliazione istituzionale.

Un particolare caso di questo tipo di collaborazione è quella internazionale, dove i partecipanti lavorano in paesi diversi e che è stata recentemente oggetto di grande attenzione sia dalla comunità scientifica (Glänzel et al. 2005b; Jappe 2007; Luukkonen et al. 1993; Okubo et al. 1992; Wagner et al. 2005a; Wagner et al. 2005b) che da parte delle agenzie di finanziamento (EU research programs). In questo tipo di cooperazioni la distanza geografica è vista come un forte vincolo allo sviluppo di relazioni stabili basate sulla fiducia, il presupposto di ogni collaborazione. Non è ancora stato chiarito, infatti, come emerga la fiducia e come possa essere sostenuta attraverso la distanza, la cultura, le discipline e le istituzioni (Sonnenwald 2007). In aggiunta, dato che il valore della mobilità dei ricercatori sembra essere fortemente riconosciuto dalla politica della scienza, rimane da approfondire cosa succede alle relazioni di ricerca una volta che i ricercatori si sono allontanati geograficamente o organizzativamente (Eaton et al. 1999). D'altro canto sarebbe interessante studiare le modalità e il grado in cui interagiscono la volontà di collaborare e la vicinanza fisica (Kraut et al. 1990).

La collaborazione scientifica può essere organizzata in molti modi. Chompalov, Genuth e Shrum (2002) hanno studiato 53 collaborazioni tra istituti scientifici di fisica con l'obiettivo di identificare come sono tipicamente organizzate le collaborazioni. È emerso che esistono quattro tipi di organizzazioni: burocratiche, senza leader, non specializzate e partecipatorie.

Le organizzazioni burocratiche si basano su una gerarchia autoritaria, con regole scritte e norme, responsabilità formalizzata e una chiara suddivisione del lavoro; quelle senza leader hanno una governance amministrativa e non scientifica. Nelle collaborazioni non specializzate è presente un management gerarchico che presenta meno formalizzazione e differenziazione di ruoli e responsabilità rispetto alle organizzazioni burocratiche mentre, diversamente da queste ultime, la leadership scientifica diviene necessaria per definire e mantenere gli standard, provvedendo alle attività di amministrazione in modo condiviso tra i membri. Le collaborazioni partecipatorie sono egalarie, quindi non viene identificata chiaramente la leadership e si basano sulla comprensione comune e sul raggiungimento del consenso.

Il lavoro di Chompalov e collaboratori (2002) contribuisce alla comprensione di come le organizzazioni collaborino limitatamente al campo della scienza pura e in organizzazioni

d'élite. Rimane da approfondire la modalità di collaborazione in altre discipline, con altri tipi di organizzazioni, istituzioni e paesi.

Una ulteriore modalità di classificazione della collaborazione scientifica è, infatti, attraverso l'affiliazione dei partecipanti, analizzando se questi ultimi provengono da più organizzazioni oppure se fanno tutti parte della stessa. In questa modalità, la ricerca si è concentrata principalmente nello studio dei fattori che emergono da collaborazioni tra organizzazioni di tipo diverso come, ad esempio, università e impresa, agenzie governative, non governative e collettività (Mathiassen 2002). Negli ultimi anni la politica ha rivolto grande attenzione ad iniziative volte a facilitare questo tipo di collaborazioni, come gli science park, i progetti integrati dei programmi quadro, le iniziative a supporto del trasferimento tecnologico e dell'innovazione.

Un concetto collegato a questo ultimo tipo di collaborazione è il modello di innovazione a tripla elica, che esamina le relazioni tra ricerca, industria e agenzie governative nelle economie basate sulla conoscenza (Etzkowitz et al. 2000). Questo modello propone un nuovo paradigma in cui la scienza è influenzata direttamente sia dalla richiesta specifica avanzata dall'industria che mediata dal ruolo di supporto e finanziamento delle agenzie governative.

La collaborazione scientifica come rete sociale

Per molte persone, il termine "scienziato" evoca un'immagine di una figura vestita di bianco, che lavora sola in un laboratorio, avvolto da misteriose sostanze e strani marchingegni, ma, come gli scienziati sanno, la scienza è fondamentalmente un fenomeno sociale (Kraut et al. 1990). In molte discipline, in primis quelle scientifiche, lo sviluppo di nuove idee di ricerca, l'esecuzione delle attività, la preparazione dei report e degli articoli, sono processi che richiedono una fortissima interazione sociale.

Il processo di collaborazione scientifica, che può essere categorizzato come sopra descritto, si instaura sulla base di vari fattori: scientifico, politico, socio-economico, disponibilità di risorse, network del ricercatore; questi fattori possono esistere indipendentemente l'uno dall'altro (Sonnenwald 2007).

Il primo fattore è il fattore scientifico, ovvero l'opportunità di scoprire nuova conoscenza e risolvere problemi complessi in modo efficiente. I problemi che la comunità scientifica oggi si trova ad affrontare non possono essere risolti da un singolo scienziato, infatti l'aumento di specializzazione nella scienza, la crescente complessità degli strumenti e delle tecniche e il bisogno di combinare diversi tipi di conoscenza e abilità pongono il fondamento per la collaborazione (Katz et al. 1997). La collaborazione scientifica può quindi aiutare nell'estendere la portata di un progetto di ricerca e promuovere l'innovazione, aiutando l'accuratezza e l'affidabilità dei risultati (Beaver 2001). Ci possono anche essere aspetti negativi nella collaborazione, come lo spionaggio intellettuale e l'appropriazione indebita di risultati scientifici (Beaver 2001), oppure l'assenza di responsabilità individuale, che può portare ad atteggiamenti non etici. La collaborazione potrebbe, a volte, trasformarsi in una lobby, con il

rischio di influenzare la politica della ricerca e le decisioni sull'allocazione di finanziamenti a proprio favore (Wray 2002). In generale, la comunità scientifica ancora si interroga sull'impatto che i problemi connessi alla proprietà intellettuale dei risultati della ricerca pongono alla collaborazione, sia essa di natura strettamente scientifica o con coinvolgimento di organizzazioni private (Sonnenwald 2007).

Il secondo fattore che influenza la collaborazione scientifica è quello politico, sia a livello nazionale che internazionale. La collaborazione può essere incentivata dalla politica per diversi fini, come ad esempio allentare la tensione tra stati (come nel caso USA-URSS durante la guerra fredda), o sponsorizzare l'unità politica (ad esempio l'EU richiede in alcuni programmi la partecipazione di almeno tre stati). In effetti è dimostrato che quando vengono rimosse le barriere politiche tra paesi, si registra un aumento di collaborazione scientifica, ovvero si registra un maggior numero di articoli a più autori e di progetti condivisi (Havemann 2001). In alcuni casi i rapporti politici possono ostacolare la collaborazione scientifica, sia per eccesso di burocrazia (come ad esempio non favorendo la circolazione dei ricercatori tra gli stati) che per precisa volontà (mancanza di supporto governativo, fondi...). È importante sottolineare che se questo fattore risulta essere l'unico fondante della collaborazione, questa presenta raramente risultati positivi (Dickson 1988).

Il terzo fattore è di tipo socio-economico e ha il suo fondamento sulle aspettative che la società ripone nel progresso e nell'innovazione basati sulla ricerca scientifica. Molti stati, confidando in questo paradigma, hanno lanciato programmi di finanziamento congiunto università-impresa in modo da favorire, attraverso la collaborazione, l'innovazione e il trasferimento tecnologico.

Le politiche nazionali che determinano l'accesso alle risorse finanziarie possono anche vincolare la collaborazione. Smith e Katz (2000) riportano che in Inghilterra le università che si sono appena costituite o che hanno ottenuto un RAE (Research Assessment Evaluation) basso non possono far domanda per fondi di ricerca. In generale queste università sono le più piccole e quelle con legami più forti con la piccola media impresa; pertanto, per superare il vincolo, sono costrette a partecipare a cordate svantaggiose con più grandi e prestigiose università per concorrere a fondi di ricerca.

Il quarto fattore è relativo all'accessibilità alle risorse, infatti la collaborazione scientifica è spesso motivata dal bisogno di accedere a strumenti molto costosi, dati scientifici unici, scarse risorse naturali e sociali e ampia disponibilità di fondi scientifici (Katz et al. 1997; Wagner et al. 2002; Wray 2002). I grandi laboratori attraggono scienziati con domande di ricerca e dati da analizzare, fornendo conoscenza specifica e accesso a strumenti specializzati.

L'ultimo fattore, e forse il più importante, riguarda il network personale del ricercatore, che è il fondamento della collaborazione scientifica. La rete sociale che lo scienziato ha costruito durante la sua carriera può superare i confini disciplinari, organizzativi e nazionali. La collaborazione si instaura infatti frequentemente attraverso il social network. Ad esempio è stato osservato il fenomeno degli "small world" rispetto alla collaborazione scientifica, che prevede una più alta probabilità che due scienziati collaborino su un articolo se hanno un co-

autore in comune (Newman 2001). Quando ha studiato la comunità di scienziati che pubblica in MEDLINE (circa un milione), Newman (2001) ha trovato che la distanza tipica tra due scienziati selezionati a caso era circa 6 passi. In realtà ci può essere più di un percorso tra due scienziati e gli scienziati in una disciplina possono essere legati a scienziati in un'altra disciplina (Newman 2004b). Un modello simile è stato analizzato anche da Barabási et al. (2002). Stante questa caratteristica topologica della rete, che è ormai assodata nella letteratura, in realtà non è ancora chiaro il grado di intenzionalità del processo di costruzione del network sociale, ovvero se gli autori intendono costruire la rete dei co-autori oppure se la rete emerge a causa di circostanze fortuite (Eaton et al. 1999).

I ricercatori si rivolgono al loro network sociale in cerca di idee per nuovi progetti di ricerca e per identificare e selezionare collaboratori (Beaver 2001; Katz et al. 1997). Fattori personali giocano un grande ruolo nel creare e mantenere la rete sociale e di conseguenza le collaborazioni. Ad esempio, compatibilità personale, un approccio simile alla scienza, allo stile di lavoro, il rispetto reciproco, la fiducia e l'amicizia sono caratteristiche frequentemente utilizzate per selezionare i collaboratori. Alcune volte gli scienziati si riferiscono a collaborazioni di successo come divertenti e usano metafore riferite al matrimonio o al fidanzamento per descriverle (Sonnenwald 2007).

Anche il patrimonio culturale influenza la rete sociale e le relazioni personali. Ad esempio, tendono ad esserci maggiori collaborazioni tra scienziati in paesi con legami storici, come quelli coloniali (Wagner et al. 2005a). A differenza delle relazioni personali, comunque, non emerge chiaramente dalla letteratura quali siano le competenze che i ricercatori devono sviluppare per creare e gestire relazioni di co-authorship (Eaton et al. 1999).

È stato dimostrato che ci sono differenze tra uomini e donne nella formazione di network sociali e nella collaborazione. In un'indagine tra i ricercatori di un centro d'élite, Bozeman e Corley (2004) hanno trovato che l'83,33% degli scienziati che collaboravano con donne non strutturate all'interno dei centri erano altre donne. In generale, gli uomini nel loro campione avevano una media di 14,04 collaboratori e le donne una media di 12,02. Sappiamo che anche lo status, ovvero il livello di carriera raggiunto, è importante nella creazione di collaborazioni, mentre ancora rimane da comprendere come il genere in congiunzione con lo status impatta la formazione della rete sociale e la collaborazione. Rimane comunque un problema aperto l'impatto che il genere e i problemi culturali hanno sulla collaborazione scientifica, sia nella selezione dei partner che nella stratificazione dei ruoli (Sonnenwald 2007).

La rete sociale può essere aumentata attraverso incontri o attività informali e formali (Beaver 2001). Per questo risulta importante l'organizzazione in cui lo scienziato lavora, che può offrire occasioni e luoghi per favorire questi incontri (macchina del caffè, uffici open space, disposizione intelligente degli spazi, seminari, invited speakers...). Quando gli scienziati sono co-localizzati possono osservare e discutere informalmente i progressi delle attività, cosa difficile da ottenere a distanza (sia fisica che culturale).

Ad oggi il locus prediletto di collaborazione è il singolo dipartimento o la singola istituzione, infatti guardando le procedure e i sistemi di molte università e dipartimenti Katz e Martin

(1997) concludono che le sfide rispetto alle collaborazioni inter-dipartimento e inter-università sono dal punto di vista amministrativo molto complesse (accounting, reporting...).

La ricerca è un impegno collettivo, che combina diverse tipologie di attori, competenze e capacità. Il termine “collettivo” è da intendersi come intermediario tra il singolo ricercatore e l’istituzione di ricerca (Laredo 2003).

Price e Beaver (1966), nel celebre articolo in cui studiano gli *invisible colleges*, trovano che gli autori possono essere organizzati semplicemente in gruppi di varie dimensioni e che i gruppi tendono ad essere della stessa istituzione dell’autore leader. In aggiunta notano l’esistenza di un autore dominante all’interno dei gruppi e di gruppi dominanti all’interno di una disciplina.

Anche il lavoro di Eaton et. al. (1999), condotto su un insieme di pubblicazioni selezionate da riviste scientifiche “top” all’interno della disciplina del comportamento del consumatore, porta a concludere che si possano identificare istituzioni prominenti, attorno alle quali la collaborazione è più densa e stabile nel tempo, rafforzando l’idea sopra riportata.

In un recente intervento alla UK Social Network Conference, David Krackhardt, presentando alcuni sui lavori (Krackhardt 1998; Krackhardt et al. 2007; Krackhardt et al. 2002), ha sottolineato come la collaborazione necessiti di legami forti all’interno dell’organizzazione e di legami deboli verso l’esterno ed ha citato l’esempio dei laboratori di ricerca. Lo studio di questo fenomeno si è basato sull’applicazione dell’indice E-I (Krackhardt et al. 1988), che viene definito come il rapporto tra la differenza e la somma tra le relazioni esterne e quelle interne e descrive la tendenza di un individuo, gruppo o organizzazione ad avere rapporti con l’esterno. In aggiunta ha riportato come i legami più importanti, che evolvono naturalmente, sono quelli all’interno dell’organizzazione che possono anche essere di tipo *simmelian*³, mentre quelli all’esterno sono in generale o *a-symmetric* o *sole-symmetric*. Le relazioni di collaborazione, quando si organizzano in triade sono sempre di tipo *simmelian*, ovvero il tipo di legame più stabile che è possibile considerare (Krackhardt 1998) e formano un gruppo coeso.

Lo studio della collaborazione scientifica

Alcuni potrebbero pensare che lo studio della collaborazione scientifica da parte della comunità scientifica abbia una connotazione narcisistica, ma in realtà la collaborazione scientifica, che si sviluppa in un contesto che è sovente libero da vincoli gerarchici, e dove la decisione di collaborare è completamente a carico degli attori (Barabási et al. 2002), può essere considerata un modello per la collaborazione in generale. Pertanto i risultati dello studio della collaborazione scientifica possono essere applicati in campo professionale,

³ Dati tre nodi a,b,c le relazioni di tipo *a-symmetric* prevedono che a dichiara una relazione con b ma b non reciprochi; le relazioni di tipo *sole-symmetric* prevedono che a dichiara una relazione con b e b dichiara una relazione con a; le relazioni *simmelian* invece prevedono che a dichiara una relazione con b, b dichiara una relazione con a ed esista almeno un c che sia in relazione *sole-symmetric* sia con a che con b.

laddove la collaborazione sia indirizzata alla produzione di prodotti intellettuali oppure i bisogni che emergono dalla collaborazione scientifica (si veda ad esempio il caso delle mail e dei gruppi di discussione) potrebbero ispirare soluzioni tecnologiche utili ai gruppi di lavoro su scala globale.

Riprendendo quanto si accennava sopra, uno dei modi più comuni per studiare la collaborazione scientifica è attraverso l'analisi di dati bibliometrici. Nella grande maggioranza degli studi viene tracciata l'incidenza di articoli a più autori e viene usato questo parametro, definito co-authorship e scelto perché tangibile e ben documentato, come proxy della collaborazione dimostrando, come sopra riportato, sia l'esistenza che l'aumento della frequenza della collaborazione nella scienza.

Price (1963; 1986), ad esempio, ha rilevato un grande aumento delle co-authorship nel ventesimo secolo. In un recente articolo, Persson et al. (2004) hanno studiato come questo aumento presenti effetti inflazionistici, infatti, nel periodo che va dal 1980 al 1998, il numero di articoli è cresciuto di più di un terzo (36%), mentre il numero di autori è cresciuto di più di due terzi (64%). Da qui si conclude che l'unica possibile interpretazione di questo fenomeno risiede in un cambiamento nel pattern della comunicazione scientifica documentabile, e nel cambiamento che la collaborazione scientifica ha affrontato negli ultimi 30 anni.

Lo studio della collaborazione scientifica si può dividere in quattro categorie, la prima riguarda il modo di misurarla, e in particolare se è possibile farlo attraverso la co-authorship; la seconda concerne i fattori che ne incoraggiano la formazione; la terza studia le fonti della collaborazione, ovvero qual è il ruolo della comunicazione e quali sono gli effetti della vicinanza fisica o sociale sulla propensione alla collaborazione; la quarta è volta a studiarne gli effetti sulla produttività (Katz et al. 1997).

Per anni le pubblicazioni a più autori, tipicamente definite "co-authorship", sono state utilizzate come unità di misura della collaborazione. Smith è stato probabilmente il primo a suggerire l'utilizzo di questa misura come proxy della collaborazione (Smith 1958), notando che i nomi che appaiono sul prodotto finito, sia esso un articolo, un libro o una conferenza, sono un'approssimazione del lavoro di gruppo che ha portato alla realizzazione del lavoro.

Nell'utilizzo della co-authorship come indicatore della collaborazione scientifica è necessario considerare alcune questioni che potrebbero influenzarne la validità. Queste presupposizioni sono a volte trattate nella sezione metodologica degli articoli, ma raramente vengono considerate nell'analisi dei dati. La prima questione è che viene implicitamente assunto che tutti i ricercatori che collaborano diventino co-autori (Beaver et al. 1978; Beaver et al. 1979a; Beaver et al. 1979b). In molti casi, infatti, la collaborazione non porta ad un articolo a più autori, ma ad altri output, come brevetti, lavori distinti oppure a nessun risultato congiunto. La seconda questione è che le persone che appaiono come co-autori abbiano di fatto collaborato (Laudel 2002; Melin et al. 1996). In questi casi, quindi, è improprio inferire dall'articolo una collaborazione scientifica: è il caso di inclusioni "politiche" o "onorarie", dove leader o finanziatori di una ricerca richiedono di essere compresi come autori, oppure "strategiche",

laddove ad esempio un particolare autore venga incluso per aumentare le possibilità di pubblicazione.

Melin e Persson (1996) hanno studiato approfonditamente questo fenomeno e nel modello da loro elaborato riportano quali sono le dipendenze tra collaborazione e co-authorship (Figura 1), suggerendo di utilizzare quest'ultima misura in modo consapevole, in primis del rischio di non considerare alcune forme di collaborazione nell'analisi, poi della impossibilità di individuare le reali ragioni che hanno portato all'indicazione di quei particolari autori.

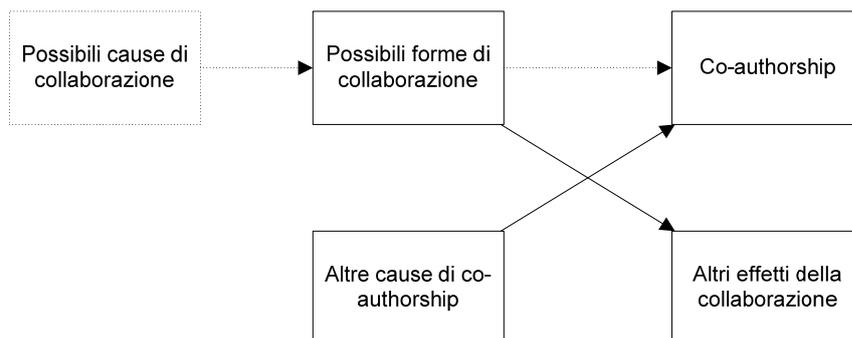


Figura 1 – La Co-authorship e le sue cause (Melin et al. 1996)

Per mitigare questo rischio gli autori suggeriscono di triangolare questo indicatore con altri, di considerare periodi di tempo considerevoli e di accettare un certo livello di incertezza, confidando nel fatto che in molti casi le collaborazioni di ricerca più significative portano alla co-authorship. Nel loro studio, purtroppo circoscritto all'università di Umeå, riportano che solo il cinque per cento degli autori dichiara di avere collaborazioni che non siano, presto o tardi, diventate co-authorship.

Questo risultato è in parziale contraddizione con il lavoro di Laudel (2002) che, in un ampio studio quantitativo svolto su 57 gruppi di ricerca che appartenevano a due CRC⁴, riporta che la metà delle collaborazioni identificate non ha portato ad una co-authorship. In particolare l'uso della co-authorship come indicatore di collaborazione è sistematicamente inficiato rispetto ad alcune pratiche di collaborazione. In particolare, tutte le collaborazioni che avevano richiesto una formale divisione del lavoro hanno portato ad una co-authorship, mentre le collaborazioni impostate come scambio di servizi o informazioni, accesso a apparecchiature di ricerca, trasmissione di know-how o scambio di idee informale sono raramente riconosciute in una pubblicazione congiunta. In realtà una validazione fondata della relazione tra le analisi bibliometriche della co-authorship e la collaborazione scientifica è ancora allo studio.

Come si trova in Patel (1973), il coinvolgimento nella ricerca è manifestato dalla "authorship" e da quella che lui chiama "sub-authorship". I sub-author sono persone che contribuiscono al

⁴ I CRC o "Collaborative Research Centres" sono reti di gruppi di ricerca che ricevono fondi su progetti congiunti, con lo scopo di superare le barriere disciplinari e organizzative.

lavoro dell'autore principale assistendolo in modo sostanziale. Nello studio sopra citato, Laudel (2002) ha mostrato, sulla base di interviste a scienziati, che la maggior parte della collaborazione non è riconosciuta né attraverso una menzione né attraverso la *co-authorship*. Questo sottolinea il problema dell'adeguatezza della *co-authorship* come misura della collaborazione. La relazione tra partecipante, co-autore (e sub-autore), e co-scrittore può quindi essere interpretata come una catena di sottoinsiemi dove i co-autori rappresentano uno solo di questi (Glänzel et al. 2005a).

In molti casi, infatti, la collaborazione avviene al di fuori di un rapporto formale, e non è registrata in una *co-authorship*, che diviene pertanto solo un indicatore parziale (Katz et al. 1997). Questo fenomeno si registra in misura maggiore tra le collaborazioni cosiddette *intramuros*, ovvero all'interno di un medesimo dipartimento, gruppo di ricerca o istituto. Si può comunque concludere che c'è una correlazione positiva tra collaborazione e *co-authorship* a livello di singolo attore (Glänzel et al. 2005a), correlazione che diviene sempre più significativa con l'aumento degli anni considerati. Dalle interviste condotte emerge una conferma qualitativa di quanto espresso, in quanto i ricercatori intervistati hanno dichiarato che nel lungo periodo è molto probabile che una collaborazione di qualunque natura si manifesti in un lavoro comune di ricerca.

A parte le limitazioni della misura della *co-authorship*, molti studi hanno usato questa tecnica per studiare la collaborazione, ed è generalmente accettato che ad un aumento della *co-authorship* corrisponda un aumento di collaborazione (Beaver et al. 1978; Beaver et al. 1979a; Beaver et al. 1979b; Clarke 1964).

È infatti indubbio che questa misura presenti alcuni vantaggi (Subramanyam 1983):

- invarianza e verificabilità (dato l'accesso ad una base di dati ogni ricercatore può riprodurre gli stessi risultati);
- economicità (i dati rilevati sono generalmente pubblici e acquisibili con risorse limitate);
- praticità e accessibilità (non sono richieste particolari elaborazioni dei dati);
- possibilità di analisi di campioni molto estesi con grande significatività statistica;
- è non-intrusiva e quindi non influenza il processo di collaborazione.

Lo studio dei fattori che contribuiscono alla collaborazione è stato affrontato da numerosi autori, Katz e Martin (1997), prima, e Beaver (2001), poi, ne fanno una rassegna esaustiva, che si riporta in Tabella 1

Tabella 1 - I motivi per cui le persone collaborano (Beaver 2001)

1	Accedere a competenze e abilità
2	Utilizzare apparecchiature, risorse o strumenti che non si possiedono
3	Migliorare l'accesso ai finanziamenti
4	Ottenere Prestigio e Visibilità, favorire l'avanzamento professionale
5	Efficienza: moltiplicare mani e menti; è più facile imparare la conoscenza tacita incorporata nelle tecniche
6	Fare progressi più rapidamente
7	Affrontare problemi complessi (più importanti, più esaustivi, più difficili, globali)
8	Aumentare la produttività
9	Conoscere le persone, creare network, come in un "invisible college"
10	Aggiornarsi, imparare nuove abilità o tecniche, entrare in un campo nuovo
11	Soddisfare la curiosità, l'interesse intellettuale
12	Condividere l'entusiasmo di un'area con altre persone
13	Trovare le debolezze più efficientemente, ridurre errori e distrazioni
14	Supportarsi a vicenda e mantenersi più concentrati sulla ricerca
15	Ridurre l'isolamento, e ricaricarsi di energia ed entusiasmo
16	Educare (uno studente, uno studente laureato o se stessi)
17	Avanzare la conoscenza e l'apprendimento
18	Per gioco, divertimento e piacere

La visione sul ruolo delle forze sociali o intellettuali nella collaborazione è molto variegata, in quanto si passa da una visione opportunistica (Price 1963) ad una che implica un beneficio reciproco, sia dal punto di vista sociale che intellettuale (Stokes et al. 1989).

Kretschmer (1997) ha analizzato come la stratificazione sociale influenza la collaborazione scientifica a livello individuale. Il più importante risultato è che la collaborazione *extramuros* è caratterizzata da similarità nello status sociale, mentre la collaborazione *intramuros* mostra differenze significative nello status sociale dei co-autori. Questo risultato può portare a due considerazioni, la prima rafforza i risultati di Laudel (2002) sopra descritti mostrando come il contributo di un grande numero di collaboratori di basso profilo o è riconosciuto attraverso la

sub-authorship oppure rimane ignoto. La seconda invece contribuisce all'idea che all'interno delle organizzazioni la collaborazione avvenga come strumento di formazione alla ricerca e le persone siano più propense a collaborare perché ne percepiscono il beneficio oltre la semplice *authorship*, contribuendo all'idea che i ricercatori tendano ad organizzarsi in gruppi che hanno la struttura di una scuola, con uno o più principal investigator nel ruolo di maestro e i collaboratori nel ruolo di discenti.

Lo studio di Braun et. al. (2001), che si basa su un'analisi di una serie temporale di tre campioni di articoli tratti da SCI⁵ nel campo delle neuroscienze a dieci anni di distanza l'uno dall'altro, vuole comprendere se la collaborazione, che può essere basata sulla vicinanza fisica, culturale o organizzativa, crea gruppi di co-autori con legami stabili o gruppi temporanei con legami occasionali.

L'analisi si basa sulla classificazione degli autori in quattro tipologie basandosi sui dati riguardanti la loro produzione scientifica nei periodi antecedenti e susseguenti gli anni considerati. La relazione tra la co-authorship e l'attività di pubblicazione, rispetto alle varie tipologie di autori rivela informazioni riguardo al potenziale ruolo dei co-autori nella formazione di team stabili.

Le categorie prese in considerazione sono: continuanti, transitori, novizi e cessanti (Price et al. 1976). I transitori sono autori che pubblicano in un anno ma mai prima né dopo, i novizi sono autori che pubblicano nell'anno di riferimento e in quelli successivi, i cessanti hanno pubblicato precedentemente e nell'anno considerato e i continuanti pubblicavano prima, durante e dopo l'anno in questione.

Per i continuanti e, in modo meno netto, anche per i novizi e i cessanti, si può identificare un valore limite nel diagramma cooperazione – produttività, il che implica che dopo un certo numero di coautori la produttività decresce più che proporzionalmente. Per quanto riguarda, invece, la produttività dei transitori, questa risulta distribuita uniformemente rispetto alla cooperazione (Braun et al. 2001). Un aspetto molto interessante che emerge dallo studio è che le relazioni di co-authorship tra i novizi, i cessanti e i transitori sono mediate dai continuanti, suggerendo che la collaborazione avvenga in team stabili, come mostrato dall'intensificazione delle co-authorship. Questo risultato è in linea con i risultati trovati da Newman (2004a) sulla struttura dei network di collaborazione scientifica.

Sebbene il risultato sia di rilievo, si basa su di un'inferenza che fanno gli autori sul comportamento dei continuanti, infatti, sebbene i dati siano stati rilevati in tre momenti temporali, la metodologia utilizzata è statica, in quanto si basa sul confronto di parametri rilevati in serie storica. In aggiunta i continuanti potrebbero mostrare atteggiamenti opportunistici nei confronti delle altre tipologie di ricercatori invece che lavorare per la stabilità del gruppo di lavoro. Questo approccio, infine, rileva un atteggiamento personale del singolo autore, che in un dato momento appartiene ad una categoria, verso le altre, ma non

⁵ SCI Science Citation Index

prende in considerazione alcun elemento organizzativo, che potrebbe giocare un ruolo nell'assicurazione della stabilità dei gruppi di ricerca. Una delle questioni che l'accademia ancora si trova ad affrontare è di fatto se esista un'evoluzione nei pattern di pubblicazione durante la carriera del ricercatore, ovvero se l'atteggiamento appena specificato influenza o meno la produttività e la qualità della ricerca prodotta (Dundar et al. 1998).

Wagner e Leydesdorff (2005b) si pongono il problema di che cosa i continuanti stiano mediando, perché siano così attrattivi per i nuovi potenziali collaboratori e come avviene la selezione di questi ultimi. La teoria delle reti suggerisce che i legami nelle reti reali, non-random siano creati sulla base di ragioni specifiche (Barabási et al. 2002). I loro risultati mostrano come i continuanti agiscano da hub nella rete, attraendo gli altri profili e creando una dinamica evolutiva sociale all'interno del network. Queste dinamiche di riproduzione istituzionale, studiate dagli autori sulla collaborazione internazionale, distorcono la natura auto-organizzante della rete, non permettendo un perfetto fit della curva power-law.

La fiducia tra gli scienziati è una componente essenziale della collaborazione (Chin et al. 2001; Olson et al. 2000) e visioni conflittuali di cooperazione e competizione possono emergere durante l'attività (Atkinson et al. 1998). La fiducia si stabilisce più facilmente tra scienziati che appartengono alle stessa istituzione o alle stesso team di ricerca, rispetto a progetti che coinvolgono più istituzioni o team di ricerca (Shrum et al. 2001).

In aggiunta, come ha notato Hagstrom (1965) nel suo studio di 96 studiosi universitari e altri scienziati c'è una relazione positiva tra la vicinanza geografica e la propensione alla collaborazione "*spatial propinquity often leads to collaboration since it is likely to lead to informal communication (p 122)*". Questo concetto è stato ripreso nel lavoro di Kraut, Egido e Galegher (1990) che hanno scoperto che la frequenza di comunicazione tra scienziati diminuisce bruscamente dopo soli 30 metri.

Questo risultato è supportato dal lavoro di Katz (1994), che ha studiato la collaborazione inter-organizzativa in Canada, Australia e Inghilterra, dimostrando che la cooperazione nella ricerca decresce esponenzialmente con la distanza che separa i partner. Ovviamente ciò non esclude che se c'è necessità di una particolare competenza, o se c'è una chiara divisione del lavoro o per rispondere a specifiche richieste di finanziamento, un ricercatore sia disposto a cercare il partner più giusto a prescindere dalla distanza.

Numerosi autori hanno affrontato il tema della correlazione tra co-authorship e produttività. Uno dei primi risultati, noto come legge di Lotka⁶ (Lotka 1926), mostra che il numero degli autori che produce n articoli è proporzionale a $1/n^a$ dove a è molto vicino a 2. Questo significa che il numero di ricercatori che produce 10 articoli è due ordini di grandezza superiore del numero di autori che producono 100 articoli, suggerendo un'economia nella collaborazione.

⁶ Per una trattazione approfondita, oltre che all'articolo originale dell'autore, si rimanda al lavoro di Eaton, J.P., Ward, J.C., Kumar, A., and Reingen, P.H. "Structural Analysis of Co-Author Relationships and Author Productivity in Selected Outlets for Consumer Behavior Research," *Journal of Consumer Psychology* (8:1) 1999, pp 39-59.

Questa correlazione tra produttività e collaborazione è stata ampiamente verificata in letteratura (Beaver et al. 1978; Beaver et al. 1979a; Beaver et al. 1979b; Braun et al. 2001; Lee et al. 2005; Persson et al. 2004; Pravdić et al. 1986; Shrum et al. 2001). In aggiunta il numero dei co-autori sembra correlato con l'impatto dell'articolo (Katz et al. 1997; van Raan 2006a).

Si può concludere che, anche se la co-authorship non è che un indicatore parziale della collaborazione scientifica a livello individuale, lo studio di questo fenomeno permette di approfondire l'interazione tra la collaborazione e gli indicatori della comunicazione scientifica e le performance (Glänzel et al. 2005a).

La bibliometria e la valutazione delle performance della ricerca

Il più importante risultato della ricerca è la creazione di nuova conoscenza, declinata in: nuove domande di ricerca, teorie e modelli. La validità di questi risultati è tradizionalmente valutata attraverso il concetto di "impatto", ovvero dal numero delle pubblicazioni e delle citazioni di un particolare lavoro.

Per le ragioni sopra esposte risulta di interesse comprendere come la collaborazione influenzi la performance della ricerca e in particolare i due parametri appena esposti: pubblicazioni e citazioni.

Per quanto riguarda la pubblicazione, Lee e Bozeman (2005) riportano che il numero totale di pubblicazioni in periodici con peer review per scienziato, appartenente a centri universitari di ricerca negli Stati Uniti, è significativamente correlato con il numero di collaborazioni che lo stesso scienziato ha attivato. Tuttavia, se si divide il numero di pubblicazioni per il numero di autori, questa associazione scompare (Lee et al. 2005). Questo evidenzia una questione aperta, ovvero come una collaborazione impatta il numero di pubblicazioni (Lee et al. 2005).

Un'altra tradizionale misura del successo è il numero di citazioni. Numerosi studi bibliometrici mostrano come gli articoli a più autori, in tutte le discipline studiate, tendano ad essere pubblicati in periodici a più alto impatto, ad essere citati più frequentemente e per un periodo di tempo maggiore (Glänzel 2002; Persson et al. 2004). Beaver (2004) commenta che questo accade perché ogni coautore aumenta l'autorità epistemologica dell'articolo, dal momento che ognuno degli autori apporta un contributo specifico all'attività di ricerca, rappresentando differenti tipi di conoscenza, e aumenta la qualità del lavoro finale, attraverso review più rigorose ed effettuate da prospettive differenti.

Quando la collaborazione è multi-disciplinare risulta complesso valutare il lavoro finale, così come è difficoltoso valutare comparativamente lavori che appartengono a comunità scientifiche diverse, in quanto la scelta del forum di pubblicazione è specifica per disciplina. Ad esempio uno studioso di Computer Science darà un alto valore ad un articolo pubblicato ad una conferenza ACM (tasso di accettazione dal 15 al 25%), mentre in altri campi, come il business o la psicologia, ci sono conferenze che accettano quasi tutti i lavori e pertanto le pubblicazioni in queste conferenze non sono considerate di grande valore. Risulta essere un

tema aperto la valorizzazione e la valutazione dei contributi individuali di una collaborazione scientifica a partire dai suoi risultati, stanti i sistemi e le istituzioni attuali (Sonnenwald 2007).

In aggiunta le singole discipline hanno differenti aspettative rispetto al contenuto degli articoli e alla velocità di pubblicazione. Nelle scienze sociali gli articoli possono raggiungere 30 pagine ed essere pubblicati dopo 2 anni dalla data di presentazione. Nelle scienze naturali (fisica, chimica) gli articoli possono essere da 2 a 10 pagine ed essere pubblicati dopo 3 mesi dalla presentazione.

La performance dei ricercatori è influenzata da una molteplicità di fattori, sia derivanti dalle caratteristiche individuali che da aspetti di contesto. Questi fattori sono stati oggetto di numerosi studi e osservati da molteplici punti di vista: sociologico, gestionale e scientometrico. Dundar e Lewis (1998), ad esempio, hanno condotto un'estesa revisione della letteratura disponibile fin dagli anni '70 sul tema della produttività dei ricercatori, esaminando attributi individuali, istituzionali e dipartimentali, riportati in Tabella 2.

Tabella 2 - Attributi associati con lo studio della Produttività della Ricerca (Dundar et al. 1998)

Attributi Individuali
Abilità innate (es: quoziente intellettivo, personalità, genere, età...)
Influenze dall'ambiente circostante (es: qualità e cultura del percorso formativo, stimoli dall'ambiente lavorativo...)
Attributi Istituzionali
Dimensione della facoltà o del dipartimento
Controllo Privato o Pubblico
Giro d'affari dell'università
Disponibilità di tecnologia
Accesso alla letteratura specifica
Attributi dipartimentali
Regolamenti interni
Disponibilità di fondi pubblici
Numero di studenti o personale di supporto alla ricerca
Disponibilità di ricercatori di valore (star)
Disponibilità di fondi privati

Ramesh-Babu e Sing (1998) hanno analizzato circa 200 variabili riportate in letteratura come antecedenti della produttività della ricerca, selezionando, attraverso un'analisi fattoriale, 11 fattori che vengono riportati in Tabella 3.

Tabella 3 - Fattori che influenzano la produttività della ricerca (Ramesh Babu et al. 1998)

I	Perseveranza
II	Adeguatezza delle Risorse
III	Accesso alla letteratura
IV	Iniziativa
V	Intelligenza
VI	Creatività
VII	Capacità di apprendere
VIII	Leadership stimolante
IX	Interesse per il progresso
X	Orientamento all'esterno
XI	Impegno Professionale

La valutazione delle performance della ricerca è un processo fondato sull'analisi critica di dati e informazioni, che si conclude con un indicatore sintetico. Questo processo presuppone che vengano condivisi criteri e metodologie in modo che siano chiari gli obiettivi a tutti gli attori coinvolti nel processo. Talvolta, per aumentare la valenza esterna del giudizio, si coinvolgono valutatori esterni alla struttura che si occupano delle discipline oggetto di indagine; questa modalità, che è la più accreditata nella comunità scientifica, viene denominata *peer review*.

In generale si tende a valutare la ricerca fondamentalmente per due ragioni: la concessione di finanziamenti o l'analisi dei risultati. La prima valutazione è di tipo prospettico, ovvero tende a cercare di comprendere le potenzialità di successo di un particolare progetto o iniziativa di ricerca. La seconda ragione è invece di tipo retrospettivo ed è volta a prendere coscienza del valore dell'operato di un ricercatore, di un gruppo, di una struttura o di un'organizzazione sulla base di determinati parametri; Questo tipo di valutazione avviene solitamente a conclusione di un progetto o a cadenza definita, con l'obiettivo di misurare i risultati, l'impatto scientifico e le ricadute socio-economiche dell'oggetto di indagine.

Attualmente, i processi di valutazione sono inquadrati in un contesto di sistema; infatti, elementi fondamentali di tali processi sono i cosiddetti indicatori, sulla base dei quali si intende raggiungere una comprensione chiara del contesto, delle finalità, della relazione tra finalità e risultati (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2006).

Gli indicatori, caratterizzati da flessibilità e specificità, svolgono in generale una duplice funzione:

1. valutare il sistema, ovvero la gestione strategica dello stesso (analisi di contesto, risorse erogate, processi e attività condotti, risultati conseguiti);
2. allocare le risorse, privilegiando l'omogeneità nella loro distribuzione oppure i risultati raggiunti.

A livello internazionale la valutazione, ritenuta per l'appunto strumento indispensabile nei meccanismi decisionali della ricerca, viene attualmente distinta in tre tipi:

1. valutazione scientifica: consiste in una valutazione ottenuta solitamente mediante il meccanismo di Peer Review; è parte integrale del processo di produzione della conoscenza scientifica;
2. valutazione operativa: relativa a processi decisionali connessi strettamente con la qualità della gestione e con l'organizzazione nella ricerca;
3. valutazione strategica: è uno strumento cruciale della governance dei sistemi della ricerca, della loro legittimazione politica e sociale; è un processo che collega i programmi di ricerca e le istituzioni alla loro "significatività" socio-economica e culturale.

Negli ultimi anni, la ricerca scientifica è sempre più frutto del lavoro di gruppo, rispetto al lavoro individuale, pertanto fattori come le caratteristiche del team e il livello di collaborazione divengono parametri da considerare attentamente nello studio della produttività dei ricercatori (Rey-Rocha et al. 2002). D'altro canto sarebbe interessante conoscere se esistano caratteristiche organizzative delle organizzazioni di ricerca che favoriscono/prevedono la performance e se queste caratteristiche siano legate a differenze disciplinari (van Raan 2006a).

Anche la numerosità degli autori e la densità della produzione scientifica o produttività possono essere considerati come fattori specifici di riferimento per la valutazione della ricerca, soprattutto a livello di struttura di ricerca o a livello di disciplina.

Nel contesto europeo si è recentemente sviluppata una grande attenzione verso il tema della valutazione della ricerca, riprendendo pratiche di tradizione anglosassone, ad esempio il trattato di Maastricht del 1992 offrì all'Unione europea una più chiara legittimazione giuridica della formazione e della ricerca. Questo venne recepito in Italia dal 1993, quando si ampliarono le possibilità in questa direzione e si crearono vari organismi relativi al coordinamento dell'attività della ricerca (Guzzetti 1995).

Poco prima, intorno agli anni Ottanta, in Gran Bretagna aveva avuto inizio un'ampia discussione sul ruolo della scienza, sfociata in un riconoscimento esplicito di tale ruolo in una strategia nazionale di competitività economica. Nel 1986 venne quindi istituito e formalizzato un processo nazionale di valutazione, il noto Research Assessment Exercise (RAE), allo scopo di porre rimedio a una insoddisfacente trasparenza selettiva esercitata fino ad allora da sotto-comitati di settore.

Il RAE nel tempo ha subito modifiche istituzionali e ha cambiato i criteri di selezione; oggi viene realizzato ogni cinque anni da appositi Councils e conta su sessantanove unità di valutazione, ciascuna dotata di relativi panels. Il dibattito introdotto dal RAE intorno alla necessità di definire giudizi di merito e di selettività, nonché qualità della valutazione, si allargò via via a tutte le nazioni sviluppate, ormai impegnate a competere in un ambiente di ricerca globalizzata crescente. Oggi in ambito europeo la valutazione è ritenuta indispensabile nella politica della ricerca e si sono costituiti vari gruppi, composti da rappresentanti delle università, che lavorano per migliorarne le caratteristiche anche in relazione alla sua ricaduta in ambito socio-economico.

È proprio la dichiarazione di Bologna - chiamata poi Bologna Process - che mette in moto un vero e proprio processo nelle direzioni della didattica e della ricerca, introducendo tra l'altro procedure vere e proprie di valutazione.

Con una legge del 1993 in Italia vengono costituiti i Nuclei di Valutazione d'Ateneo e (dal 1996) un Osservatorio Nazionale permanente, divenuto nel 1999 il noto CNVSU, con il compito di realizzare un sistema complessivo di valutazione degli atenei. Nel 1998 viene istituito il CIVR (Comitato d'Indirizzo per la Valutazione della Ricerca), che entra in funzione nel 1999 avendo come compito la valutazione degli enti di ricerca, vigilati dall'allora MURST, di ricerca industriale, di quella condotta nei vari ministeri, nonché, naturalmente, delle università.

Le linee guida del CIVR hanno suggerito regole e procedure di riferimento per la valutazione del sistema nazionale della ricerca: esse fanno leva su produttività, qualità, rilevanza, impatto economico e sociale e gestione delle risorse (per saperne di più, si veda www.civr.it).

La prima fase della valutazione triennale della ricerca (VTR 2001-2003) ha coinvolto direttamente 102 strutture (77 università, 12 enti pubblici di ricerca e 13 istituzioni private di ricerca), impegnandole a selezionare, in autonomia, un numero prestabilito di "prodotti" della ricerca realizzati nel triennio (s'intendono per "prodotti" della ricerca: libri e loro capitoli, articoli su riviste, brevetti depositati...) e a trasmetterli, ciascuno in relazione alla specifica area disciplinare, ai 20 Panel di area appositamente costituiti.

La seconda fase di valutazione è stata affidata alla competenza di tali Panel ed ha visto impegnati 151 esperti. I Panel a loro volta si sono avvalsi di 6.661 esperti italiani e stranieri, che hanno avuto il compito di esprimere un giudizio di merito sui prodotti. Ogni prodotto è stato valutato da almeno due esperti, in termini di qualità, rilevanza, originalità/innovazione, internazionalizzazione e/o potenziale competitivo internazionale, secondo una scala a quattro livelli di merito: eccellente, buono, accettabile, limitato (per saperne di più, si veda www.civr.it).

I gruppi di ricerca

“I processi per cui le comunità si uniscono, attraggono nuovi membri e si sviluppano nel tempo è un problema centrale della ricerca nelle scienze sociali” (Backstrom et al. 2006). Le questioni di base inerenti a questo tema rimangono largamente irrisolte, infatti non sono chiari quali siano le caratteristiche strutturali che permettono di inferire se un particolare individuo entrerà in una comunità, quale gruppo crescerà più rapidamente e come si svilupperanno nel tempo le interazioni tra i gruppi tramite gli individui.

“Fondamentalmente, sono le persone che collaborano, non le istituzioni” (Katz et al. 1997). La cooperazione diretta tra due o più ricercatori è l'unità fondamentale della collaborazione, che si organizza, in genere, in un gruppo di ricerca. Laudel (2001) ha mostrato come quasi tutte le collaborazioni inizino con un confronto faccia a faccia.

Un gruppo di ricerca è una collezione o un cluster di ricercatori e personale di supporto che appartiene alla medesima unità di ricerca (laboratorio, dipartimento, ecc) con comuni interessi e obiettivi scientifici, che lavorano ad una o più linee di ricerca e che condividono le attività per raggiungere i suddetti obiettivi. Un gruppo di ricerca può essere considerato stabile quando ha raggiunto una certa dimensione, composizione, durata nel tempo, autonomia, stabilità finanziaria, coinvolgimento dei membri, unità, collaborazione intra e inter-gruppo e competitività (Rey-Rocha et al. 2002).

Per questo lo studio dei meccanismi che governano la composizione e l'evoluzione di gruppi sociali si è concentrato su due principali filoni: lo studio dell'evoluzione del gruppo, ovvero quali sono le caratteristiche dei membri che tendono a rimanere e a lasciare il gruppo, e lo studio delle caratteristiche dell'individuo rispetto alle caratteristiche del gruppo, che ne determineranno l'accettazione o la scelta (Ruef et al. 2003).

Nella letteratura di matrice sociologica si possono identificare cinque meccanismi generali che possono influenzare la formazione dei gruppi: omofilia, funzionalità, aspettative di status, vincoli di network e vincoli ambientali (Ruef et al. 2003).

Il meccanismo dell'omofilia spiega la composizione dei gruppi in termini di similarità tra le caratteristiche dei membri. In principio queste caratteristiche possono riferirsi ad identità sociali che sono esternamente identificabili negli individui (es. genere, razza, età...) oppure si riferiscono a stati interni (valori, credenze o norme) (McPherson et al. 2001). In ogni caso, sia che si tratti di caratteristiche esterne o interne, la similarità tra gli individui li predispone verso un più alto livello di attrazione e comprensione interpersonale, e di conseguenza verso un più alto livello di affiliazione, rispetto a quella possibile tra individui dissimili.

Il meccanismo dell'omofilia può essere ulteriormente suddiviso in tre componenti: omofilia di valori, di status e indotta (Centola et al. 2006). Nel primo caso si tratta di un atteggiamento psicologico che giustifica le opinioni quando sono condivise con altri che condividono gli stessi valori (Lazarsfeld et al. 1954); nel secondo caso si tratta di interazioni con individui che condividono il medesimo background culturale o lo stesso status sociale (Marsden 1988);

questi due atteggiamenti sono frutto di una scelta preventiva dell'individuo nel contatto con altri individui. Il terzo caso, l'omofilia indotta, non emerge dalla scelta degli individui ma dalla dinamica delle influenze che rende gli individui all'interno di un gruppo simili nel tempo (McPherson et al. 1992; McPherson et al. 2001).

Gli studi attuali che trattano di omofilia nella scienza prendono di solito in considerazione solo le prime due componenti, mentre potrebbe essere interessante conoscere come nei gruppi si sviluppa il terzo tipo di omofilia. Questa suddivisione introduce il concetto di influenza e selezione, che verrà approfondito nel seguito, quale meccanismo evolutivo dei gruppi e, sebbene esistano in letteratura studi di questo fenomeno nei gruppi sociali (Pearson et al. 2006; Van De Bunt et al. 1999), non emerge come questo avvenga nei gruppi professionali e in particolare nei gruppi di ricerca. Questo tema è fondante per le ipotesi e verrà ripreso successivamente per la loro definizione.

In opposizione al meccanismo dell'omofilia, la letteratura ha verificato come nella formazione dei gruppi sia rilevante il tema della diversità funzionale tra i membri, in particolare rispetto a caratteristiche derivate dall'esperienza, come la leadership o l'abilità tecnica. Tale diversità diviene un valore per il gruppo in quanto la complementarità delle competenze è ritenuta fondamentale per il successo (Slater 1955).

Il meccanismo delle aspettative di status riguarda la capacità che possiedono individui ad alto status, rilevato rispetto a caratteristiche riconosciute o possedute, di attrarre individui con basso status (Moody 2004). Questo meccanismo crea un vincolo all'applicazione dei principi di omofilia, in quanto gli individui ad alto status tenderanno ad associarsi fra di loro, mentre gli individui a basso status tenderanno da associarsi con quelli ad alto status ma difficilmente tra loro (Ruef et al. 2003). Questo meccanismo porta gli individui a basso status ad un rischio maggiore di isolamento rispetto a quelli ad alto status.

Durante il processo della formazione e dell'evoluzione del gruppo, la scelta dei membri è inevitabilmente vincolata dalle opportunità strutturali date dal contatto sociale (vincoli di network). Tali opportunità potrebbero essere ad esempio l'esistenza di un legame precedente tra i membri, sia esso di tipo strong o weak (Granovetter 1973), oppure la disponibilità di informazioni su interessi simili.

I vincoli ambientali riguardano l'importanza della vicinanza geografica e la localizzazione dei potenziali membri del gruppo. Questo vincolo fa aumentare la probabilità di creazione di un gruppo di lavoro se due individui che hanno caratteristiche simili e competenze complementari si trovano co-localizzati (Laudel 2001).

I risultati che Ruef e collaboratori (2003) hanno riportato per i gruppi creati per nuove iniziative imprenditoriali suggeriscono che, in generale, nella formazione di un gruppo la composizione del team è guidata dalla similarità, o omofilia, e non dalla diversità di competenze.

Ciò che emerge dalla letteratura è che non è ancora ben definito un vocabolario condiviso per parlare di evoluzione dei gruppi, soprattutto in riferimento al gruppo come soggetto collettivo,

con una rilevanza ibrida nel network come rete e come soggetto e con ogni gruppo che evolve nella sua particolare collocazione nel network (Backstrom et al., 2006).

La tipica struttura di un gruppo di ricerca consiste in: un ricercatore principale (*Principal Investigator*), assieme a post-doc, studenti laureati e a volte non laureati; oppure in un professore senior, qualche professore junior, post-doc, studenti laureati e a volte non laureati (Beaver 2001; Etzkowitz 2003). Tale struttura presenta vantaggi e svantaggi, che vengono di seguito illustrati.

Vantaggi:

- Efficienza, potere “molte mani fanno il lavoro leggero”
 - o Una molteplicità di progetti ottimizza le probabilità di ricevere finanziamenti, per ottenere supporto per i laboratori e continuare la ricerca
 - o Un apporto stabile di studenti laureati permette di crescere
- Velocità
 - o Possibilità di parcellizzare il problema e lavorare in parallelo
 - o Gli studenti sono già addestrati o i senior addestrano gli junior, liberando tempo del leader.
- Respiro
 - o Si possono affrontare problemi più ampi e più intellettualmente stimolanti, aumentando la visibilità e i ritorni nelle conferenze.
- Sinergia
 - o Una molteplicità di punti di vista carica e eccita i partecipanti, facendo il lavoro più intenso
- Rischi ridotti
 - o Si possono avere più progetti in contemporanea, aumentando le possibilità di successo e quindi di ri-finanziamento.
- Flessibilità
 - o Si possono avere progetti anche molto avanzati e rischiosi, il cui eventuale fallimento non compromette il gruppo.
- Accuratezza
 - o Gli errori sono riconosciuti più rapidamente, e le teorie sono discusse da diversi punti di vista, arrivando ad una verificabilità intersoggettiva.

- Feedback, Dissemination, Recognition and Visibility
 - o Tutti i partecipanti possono presentare il lavoro in molte conferenze e raccogliere feedback dai colleghi. Possono anche disseminare i risultati molto più rapidamente.

Svantaggi:

- Visibilità individuale
 - o Molti dei partecipanti sono invisibili, in senso formale, alla comunità di ricerca, sono solo “nomi” su un articolo (sub-author).
- Il ricercatore leader perde il contatto diretto con la ricerca
 - o Riduce la creatività ispirata dall’acquisizione di conoscenza tacita
 - o Perde l’abilità di essere uno scienziato sul campo
 - o Sposta talento creativo nell’amministrazione, nella competizione per risorse limitate, piuttosto che nella ricerca
- La privatizzazione della ricerca danneggia l’ethos della ricerca stessa.
 - o La creazione di feudi quasi - imprenditoriali potrebbe promuovere strategie negative, più specificatamente la riservatezza dei risultati o l’introduzione di limiti nella condivisione di idee e materiale di ricerca.
 - o La cooperazione con altre istituzioni potrebbe essere con propositi di cooptazione o spionaggio, pratiche potenzialmente dannose per la scienza. Anche in caso di alleanza, il vantaggio competitivo potrebbe danneggiare istituzioni più piccole o singoli individui.

Anche se tipicamente i gruppi di ricerca sono solitamente organizzati come sopra descritto, è da notare una struttura core-periphery nell’evoluzione della pratica della ricerca che al *core*, composto dal Principal Investigator e dai suoi collaboratori primari, aggiunge una periferia, composta da visiting scholars e colleghi nazionali e internazionali che cooperano (Seglen et al. 2000).

In realtà, alla base di questa visione della ricerca che si auto-organizza in gruppi, vi è l’assunzione che i gruppi di ricerca siano alla base della gerarchia organizzativa e che questi non possano essere ulteriormente scomposti in sottogruppi. Il livello gerarchicamente inferiore è rappresentato dall’individuo (Morris et al. 2007). Questo ovviamente non significa che i gruppi siano stabili nel tempo, infatti gli individui sono liberi di muoversi da un gruppo all’altro, facendo però permanere la sovrastruttura.

Ci sono due questioni rilevanti riguardo ai gruppi di ricerca, la prima concerne la loro identificazione a partire da dati di co-authorship, la seconda la loro valutazione, intesa come unità di produzione scientifica sovraordinata al singolo ricercatore.

Simmel (1950) sostiene che la condizione necessaria per l'esistenza di un gruppo è che il corpus sovrastante gli individui permanga anche se una persona viene rimossa dal gruppo, suggerendo un approccio k-component.

Considerando la collaborazione dalla prospettiva dei gruppi di ricerca, ci potrebbe essere una possibilità interpretativa che la riconduce ad una distribuzione di Poisson, così come la co-authorship, con moda 2 (Beaver 2001). La collaborazione di più persone potrebbe quindi essere considerata la collaborazione di due gruppi di ricerca ognuno guidato da un ricercatore leader. Questa idea permetterebbe di trattare i gruppi come singole entità, così come si trattano le imprese come individui, e di applicare gli strumenti e i risultati validi per gli individui ai gruppi di ricerca.

Lo studio empirico dei gruppi di ricerca è però di difficile attuazione, perché risulta complesso identificare questo livello di aggregazione, in quanto a volte è definito solamente all'interno delle strutture di ricerca, e soprattutto non è un'entità direttamente disponibile nei database, così come gli autori o i periodici (Rey-Rocha et al. 2002; van Raan 2006b). In molti degli studi scientometrici che trattano questi aspetti, la performance e la produttività dei gruppi di ricerca viene analizzata attraverso un approccio strettamente bibliometrico, utilizzando basi di dati pubblicamente disponibili (ISI, SCI) (e.g. Seglen et al. 2000).

Il tema dell'identificazione dei gruppi di ricerca è stato affrontato da Calero e collaboratori (2006) che hanno proposto un approccio bibliometrico integrato con la social network per identificare i gruppi di ricerca in una particolare disciplina. Questo approccio è volto ad identificare due tipi di gruppi: quelli attuali e quelli potenziali.

Il metodo prevede come prima fase la mappatura bibliometrica della disciplina oggetto dello studio. Tale mappa è una rappresentazione bidimensionale che raggruppa le parole chiave attraverso l'analisi delle co-occorrenze tra le parole del titolo e dell'abstract delle pubblicazioni prodotte dai soggetti allo studio. Questa analisi viene effettuata allo scopo di identificare i sotto-domini della disciplina. Dato che le pubblicazioni potrebbero appartenere a più di un sotto-dominio, diviene necessario generare una matrice di co-occorrenza tra le pubblicazioni e i sotto-domini. Questa matrice diviene l'input per il MultiDimensional Scaling (MDS), utile a costruire una mappa visuale. Assumendo di poter identificare un gruppo a partire da una collezione di pubblicazioni, gli autori devono essere associati ai sotto-domini in precedenza definiti per similarità. Tale operazione è effettuata utilizzando un opportuno coefficiente⁷ che varia tra 0 e 1, considerando simili solo gli autori con coefficiente almeno pari a 0,9. Alla relazione di similarità viene successivamente applicata la Network Analysis in modo da

⁷ Cosine coefficient (Noyons, 1999)

identificare strutture di comunità, utilizzando l'approccio k-core⁸. Successivamente ai gruppi di "simili" così identificati viene computata l'appartenenza a gruppi di co-authorship. In questo modo gli autori dichiarano di poter identificare sia i gruppi attuali, ovvero quelli che emergono dalla co-authorship all'interno delle strutture di similarità, sia i gruppi potenziali, identificati come i gruppi attuali più i partner che ancora non hanno collaborato e che presentano interessi di ricerca simili.

Questa metodologia che rappresenta un approccio interessante, non riesce però a considerare l'approccio dinamico, fondamentale quando si considerano i gruppi di ricerca, negando la possibilità di entrare o uscire da un gruppo e soprattutto non permette a persone diverse di appartenere a gruppi diversi, che è la norma nelle organizzazioni.

Un metodo alternativo, presentato da Powell (2005) è quello di utilizzare il metodo dei *k*-components (Moody et al. 2003) per identificare gruppi coesivi all'interno dell'organizzazione. Questo metodo rappresenta una potente misura di coesione, perché la struttura identificata non può essere disconnessa, se non attraverso la rimozione di *k* o più nodi. Al contrario, il metodo k-core sopra esposto può presentare grafi disconnessi.

Un ulteriore aspetto, affrontato da van Raan (2006b), è stata la misura degli indicatori che a livello di gruppo si distribuiscono in maniera normale, sottintendendo l'idea di quella che l'autore chiama "*group oeuvre*", ovvero un insieme di pubblicazioni organizzativamente correlate invece che bibliometricamente (co-author).

Pravdic e Oluic-Vukovic (1986) hanno analizzato la collaborazione in chimica a livello individuale e di gruppo, trovando che la produttività scientifica, misurata dal numero di pubblicazioni, è strettamente dipendente dalla frequenza della collaborazione tra gli autori. La natura dell'effetto sulla produttività è funzione della tipologia del legame: mentre la collaborazione con scienziati ad alta produttività tende ad aumentare la produttività personale, la collaborazione con scienziati a bassa produttività in genere la fa diminuire. In aggiunta, gli autori più prolifici sembra che collaborino più frequentemente e gli autori ad ogni livello di produttività tendono a collaborare di più con autori ad altra produttività che con autori a bassa produttività. Questo concetto verrà ripreso in seguito, al fine di giustificare che è stato rilevata una correlazione che può far supporre un effetto di influenza del network sul comportamento.

Questo fenomeno, che porta all'omogeneità nelle attitudini e nei comportamenti all'interno di gruppi coesi, viene chiamato *network autocorrelation* e risulta da effetti di selezione, di influenza, o di entrambi assieme (Ennett et al. 1994; Granovetter 1985; Kossinets et al. 2006; Moody 2004; Steglich et al. 2004). Sebbene da punto di vista teorico questi meccanismi siano facilmente comprensibili, risulta complesso distinguerli nell'evoluzione della rete, in ragione

⁸ L'approccio k-core considera un sottografo nel quale ogni nodo è connesso almeno ad altri *k* nodi nel sottografo. Questo approccio è meno restrittivo rispetto ad altri quali cliques, n-cliques, n-clans, permettendo agli attori di far parte del gruppo se sono connessi con *k* membri, indipendentemente da quanti altri membri ad essi non siano connessi.

della natura dinamica ed interdipendente delle caratteristiche e dei comportamenti individuali all'interno delle reti sociali.

In letteratura questo problema è stato affrontato fondamentalmente basandosi su una procedura a due fasi. Nella prima fase vengono raccolti i dati di network e vengono aggregati in variabili a livello individuale (ad es. centralità) o a livello di legame (ad es. similarità); nella seconda fase vengono analizzati questi indici con metodi statistici ordinari per l'analisi longitudinale (un esempio di questa metodologia si può trovare in Moody 2004).

Questo tipo di approccio ha fondamentalmente tre limiti: in primo luogo le variabili aggregate a livello di individuo o di legame non rispecchiano appieno gli aspetti di struttura della rete (ad es. reciprocità, transitività, posizione..) quindi permettono solo una prima approssimazione degli aspetti di selezione ed influenza; in secondo luogo le osservazioni effettuate a livello individuale, se tra gli individui vi è una relazione, sono interdipendenti pertanto si violano le assunzioni alla base dei metodi statistici utilizzati; infine le dinamiche della rete e del comportamento sono processi che assumono che vi sia retroazione tra i momenti di osservazione, che non viene catturata dalle metodologie correntemente utilizzate (Burk et al. 2007). In seguito verrà presentato il metodo elaborato da Steglich, Snijders e Pearson (2004) per separare l'effetto della selezione da quello dell'influenza.

Scientific Collaboration Networks

Riprendendo quanto sopra descritto, la co-authorship nei lavori di ricerca è un punto di osservazione del problema più generale inerente alla collaborazione nella comunità accademica, in quanto può essere considerata come una rilevazione della collaborazione tra due o più autori. Queste collaborazioni, considerate nell'insieme, formano una rete dove i nodi sono rappresentati dagli autori mentre le connessioni sono evidenza del fatto di aver scritto assieme un lavoro di ricerca.

Le reti sono state lungamente oggetto di studio nella bibliometria, soprattutto per quanto riguarda le reti di citazioni tra articoli (Price et al. 1966). Queste sono però distinte dalle co-authorship network, in quanto i nodi nelle reti di citazioni sono gli articoli e descrivono la struttura della conoscenza, mentre le reti tra autori descrivono la struttura dell'accademia. Quest'ultimo tema ha recentemente ricevuto grande attenzione, soprattutto dopo gli anni '90, quando hanno cominciato ad affermarsi i database bibliografici e l'attenzione della società si è concentrata sul tema della produttività della ricerca.

I fisici che studiano la topologia dei network di ricercatori hanno trovato interessanti regolarità nelle reti evidenziate dalla co-authorship mostrando come questa rete rappresenti il prototipo di un network complesso (Barabási et al. 2002; Newman 2001; Newman 2004b). Nelle reti sociali, le relazioni diadiche assumono una grande importanza, soprattutto riguardo all'effetto che hanno sullo sviluppo individuale, in particolare perché l'individuo è il centro di una molteplicità di relazioni diadiche interconnesse, dove il tutto è maggiore della somma delle parti (Carrington et al. 2005).

A questo riguardo sono state individuate tre proprietà delle Scientific Collaboration Network: in primo luogo le reti sono classificate come *small world* ovvero il percorso medio tra i nodi che appartengono alla rete è breve (Barabási et al. 2002; Newman 2001); in secondo luogo è presente un alto coefficiente di clustering, rispetto ad una rete random (Newman 2001; Watts et al. 1998); in terzo luogo la distribuzione del *degree* contiene informazioni importanti riguardo alla natura della rete, in quanto presenta una distribuzione *power-law* di natura *scale-free* con il fenomeno del *preferential attachment*.

Barabási (1999) ha provato che quando le reti sono costruite attraverso il processo del *preferential attachment*, la distribuzione del numero di collaboratori unici (chiamata *degree distribution*) segue una distribuzione *scale free power-law*, dove la probabilità di avere k collaboratori è distribuita come $k^{-\gamma}$.

Sebbene le proprietà caratteristiche della rete di co-authorship siano generali, la natura e l'intensità della collaborazione varia da una disciplina all'altra e dipende da molti fattori, come ad esempio la natura del problema di ricerca, il contesto e da fattori demografici.

Considerando la variabilità inerente alla disciplina oggetto dello studio, Moody (2004) identifica tre strutture di network collaborativo. La prima discende dalla considerazione che all'interno delle discipline non esista in genere una teoria dominante, ma il dibattito scientifico sia, viceversa, teoricamente frammentato e composto di molteplici specialità a volte disconnesse tra di loro. Alcuni autori spiegano questo fenomeno ricorrendo alla specializzazione nella ricerca e alle pressioni verso la competizione e la produttività. In ogni caso la prima struttura è quella di una rete fortemente frammentata in cluster omogenei, secondo un modello *small world*. La seconda struttura discende dalla visione della ricerca come dipendente dalla presenza delle "scientific stars", ovvero di coloro che tutti riconoscono all'interno di una disciplina. Questi particolari ricercatori, grazie alla loro fama e bravura, attraggono un numero sproporzionato di fondi di ricerca, di contatti, di studenti e collaboratori. Questa visione dà luogo ad un network policentrico con pochi nodi (le star) con moltissimi collaboratori; e molti nodi con pochissime collaborazioni, secondo un modello *scale free* guidato dal *preferential attachment*. La terza struttura invece assume che i cambiamenti del contenuto e delle pratiche della ricerca possano interagire con altre discipline permettendo un alto grado di collaborazione non vincolata alla specialità. Questo processo implica una struttura di rete distribuita che evidenzia la presenza di gruppi coesivi, sviluppando un modello di rete strutturalmente coesiva, dove i legami sono distribuiti equamente all'interno della rete, generando una rete opposta a quella creata attraverso il *preferential attachment*

I tre modelli appena esposti corrispondono teoricamente alle aspettative riguardo alla produzione scientifica. Se gli autori all'interno di una ben definita specialità collaborano gli uni con gli altri si troverà una rete fortemente clusterizzata, con una struttura a small-world. Se la rete è generata attraverso il fenomeno del preferential attachment, dove gli autori giovani collaborano con le star, ci si aspetta una struttura *scale-free*. Se le barriere tra le specialità sono permeabili e la collaborazione fluisce liberamente all'interno di una disciplina, allora ci si aspetta una rete strutturalmente coesiva.

Moody (2004), dopo un'analisi sulla collaborazione nella comunità delle scienze sociali tratta dalle pubblicazioni sull'*American Sociological Review*, conclude che la specializzazione all'interno delle scienze sociali non genera necessariamente divisioni tra le specialità. Al contrario, gli scienziati prendono in prestito attivamente idee gli uni dagli altri, in modo da coprire lo spazio delle idee. Questo sottintende il fatto che la collaborazione non deve necessariamente essere riconosciuta da una co-authorship, ammettendo quindi un piccolo coefficiente di clustering. In realtà, se si sposta il livello di analisi dagli individui ai cluster (e quindi ai gruppi) si nota che questi sono fortemente interconnessi, creando flussi di esperienze e informazioni. Queste considerazioni aprono la strada ad un'analisi del comportamento dei gruppi all'interno del network e del rapporto che i singoli hanno all'intero dei gruppi.

Questo focalizza l'attenzione sulle dipendenze mutue tra le relazioni diadiche che i singoli stabiliscono all'interno dei gruppi. In particolare si possono rilevare relazioni di reciprocità ("se tu scegli me, io scelgo te") (Wasserman et al. 1994 pag. 503), di transitività ("gli amici dei miei amici sono miei amici") (Wasserman et al. 1994 pag. 150) oppure dipendenti dalla posizione che gli individui hanno nel network, come la centralità (Freeman 1979), il grado di coinvolgimento in strutture coesive (Moody et al. 2003) o l'accesso esclusivo ad altri individui (Burt 1992).

Oltre alle misure standard appena proposte, in letteratura esistono misure specifiche che caratterizzano le reti di co-authorship (Moody 2004; Morris et al. 2007). A titolo di esempio se ne riportano alcune ritenute rilevanti:

Tabella 4 - Principali misure di co-authorship

Distribuzione	Descrizione	Referenze
Autori per articolo	Misura la distribuzione del numero di autori per lavoro di ricerca, è un indice della collaborazione nella disciplina	(Ajiferuke 1991; Beaver et al. 1979a; Glänzel 2002; Gupta et al. 1998; Morris et al. 2007; Price et al. 1966; Seglen et al. 2000; Smith et al. 2000)
Articoli Autore	Misura il numero di articoli scritti da ogni autore, è un indice di produttività dei ricercatori ed è spesso caratterizzata da una distribuzione power-law	(Howard D. White 1998; Lotka 1926; Moody 2004; Morris et al. 2007)
Co-authorship per coppia di autori	Misura il numero di articoli che vengono scritti da una coppia di autori, è indice della tendenza a mantenere stabili i legami nel tempo	(Glänzel et al. 2005a; Morris et al. 2007; Wagner et al. 2005b)
Cooperatività	È il numero di autori che cooperano con ogni autore, è indice della tendenza di un	(Braun et al. 2001; Morris

	ricercatore a collaborare con altri nelle attività di ricerca	et al. 2007)
Coefficiente di clustering nelle co-authorship	È definito come il coefficiente di clustering c_i ⁹ calcolato su tutti gli autori del network che hanno due o più legami, è indice della tendenza di un autore a lavorare in gruppi locali ed è utile per valutare un modello di collaborazione che si basa sui gruppi.	(Morris et al. 2007)
Percorso Minimo fra i nodi	È definito come il percorso più breve tra due autori nel network, è indice della connettività e della facilità di comunicazione nel network	(Kretschmer 2004; Morris et al. 2007)
Produttività	È definito come la somma degli articoli per classe di co-authorship, è indice della moda di co-authorship in una determinata disciplina	(Eaton et al. 1999; Glänzel 2002)
Salton Cosine	È definito come il numero di pubblicazioni condivise diviso la radice quadrata del prodotto del totale delle pubblicazioni di ciascuno dei collaboratori. (geometric mean), è un indicatore della forza di una collaborazione.	(Glänzel et al. 2005a)

Social Network Evolution

Le reti sociali e organizzative evolvono nel tempo, influenzando le modalità con cui le informazioni si diffondono tra gli individui o i risultati che questi riescono a raggiungere. In aggiunta i cambiamenti, sebbene locali, possono avere un impatto su tutta la rete, in quanto il comportamento dell'intero sistema è funzione della modalità in cui le diverse reti sociali sono interconnesse (Carley 1999).

Le organizzazioni, e di conseguenza i gruppi e gli individui, sono continuamente in uno stato di flusso, che spesso si sostanzia nel cambiamento delle caratteristiche degli attori o dei legami che li mettono in relazione. Questi legami possono essere molteplici e di diverse tipologie: ad esempio tipo formale (gerarchia, gruppi di lavoro...) o informale (fiducia, amicizia...), e sono fortemente interdipendenti. L'interdipendenza e il cambiamento continuo non significano imprevedibilità, in quanto è possibile comprendere, e possibilmente predire, il comportamento del sistema.

⁹ Il coefficiente di clustering è definito come: $c_i = \frac{y_i}{\frac{1}{2}g_i(g_i-1)}$ dato un autore i , con g_i vicini e y_i legami. Questo parametro non viene definito per autori con meno di due legami.

Comprendere la struttura e la dinamica dei gruppi sociali è un obiettivo naturale per la social network, dato che i gruppi tendono ad essere inseriti in ampie strutture di rete sociale. Infatti, in un insieme di individui collegati da una rete sociale, i gruppi sono comunità che vengono identificate internamente come sottografi della rete principale che evolvono e si sovrappongono (Backstrom et al. 2006).

La comprensione del comportamento di un sistema sociale non risulta semplicemente dall'aggregazione dei comportamenti delle entità che lo compongono (individui, gruppi, organizzazioni, istituzioni o società) ma, in quanto sistema complesso, emerge dalla dinamica dall'interazione delle componenti e dalle caratteristiche specifiche delle componenti stesse (Carley 1999).

Ad esempio un gruppo che evolve tramite selezione di contatti dai propri contatti apparirà quindi come un sottografo che si ramifica rapidamente lungo i legami della rete; un gruppo nel quale la decisione di entrare dipende poco da questo fenomeno apparirà come una collezione di piccoli componenti disconnessi che crescono a macchia di leopardo (Backstrom et al. 2006).

Le reti coesistono in un ecosistema di altre reti. In effetti le affiliazioni intrecciate degli individui influenzano il comportamento degli individui stessi e dei gruppi di cui fanno parte (McPherson 1983) e sono fondamentali per vincolare e facilitare il cambiamento nella rete (Granovetter 1985). Questi cambiamenti, tuttavia, sono soggetti anche a vincoli esterni, ad esempio attori nello stesso contesto sociale sono soggetti alle stesse influenze (Snijders 2005a).

Un'organizzazione a rete è composta da molti gruppi e da legami tra i gruppi e gli individui, e presenta alcune caratteristiche di fondo:

1. Ogni nodo è autonomo e attivo nell'organizzazione
2. La rete è formata da nodi e da relazioni tra i nodi
3. Nella struttura della rete, esistono componenti che appartengono ad una gerarchia esplicita ed altre che appartengono ad una gerarchia implicita
4. Ci sono differenze tra lo status e i ruoli dei nodi nella rete.

Se queste caratteristiche appaiono contemporaneamente la struttura della rete è dinamica e l'organizzazione evolve nel tempo (Xi et al. 2004).

Una prospettiva dinamica è infatti utile per la comprensione dell'importanza del cambiamento e dello sviluppo delle relazioni diadiche e del network degli individui. Ad esempio le relazioni di amicizia non sono stabili, le relazioni tra le imprese hanno in generale una durata contrattuale, le relazioni di collaborazione nella ricerca hanno carattere transitorio. Questi cambiamenti possono derivare da meccanismi di rete quali la reciprocità, la transitività o la posizione del network, oppure da meccanismi che dipendono dalle caratteristiche individuali (Burk et al. 2007). Esempi di questi ultimi sono i meccanismi di omofilia, sopra discussi, come la preferenza per la similarità (cfr. McPherson et al. 2001) nella selezione di relazioni di partnership. Al

contrario, le caratteristiche degli attori possono essere influenzate dalla loro posizione nella rete, ad esempio il comportamento e le attitudini di un individuo potrebbero seguire un pattern di assimilazione verso gli altri individui cui è connesso. I cambiamenti nella struttura del network sono spesso chiamati *partner selection* (Lazarsfeld et al. 1954), mentre i cambiamenti nelle caratteristiche degli attori che dipendono da quelle degli attori cui questi sono connessi sono chiamati *influence* (Friedkin 1998).

Le relazioni tra gli attori sociali non sono infatti immutabili nel tempo: anche i legami più stabili possono modificarsi e hanno un inizio e una fine. Osservando la rete o la configurazione di una determinata relazione all'interno di uno stesso gruppo in almeno due momenti temporali successivi si esamina l'evoluzione o la dinamica di tale network. Questa evoluzione si può modellare e spiegare come funzione di effetti strutturali e/o delle caratteristiche individuali degli attori (Snijders et al. 2007).

La rete delle co-authorship tra i ricercatori rappresenta un prototipo di network evolutivo complesso, in quanto questo tipo di rete si espande in modo costante aggiungendo nuovi autori e nuovi legami tra gli autori esistenti (Barabási et al. 2002). Il comportamento dei parametri che sono indispensabili per comprendere i processi che determinano la topologia della rete, al fine di creare un modello appropriato per l'evoluzione, sono i seguenti:

1. La distribuzione del *degree* segue una distribuzione *power-law*
2. La distanza media tra i nodi decresce nel tempo
3. Il coefficiente di clustering decresce nel tempo
4. La dimensione relativa del più largo componente connesso aumenta nel tempo
5. Il *degree* medio aumenta
6. La selezione dei nodi è governata dal fenomeno del preferential attachment

A partire da queste considerazioni è possibile costruire un modello per l'evoluzione del network delle co-authorship, considerando che lo scopo del modello è quello di catturare i principali meccanismi che condizionano l'evoluzione del network e non incorporare ogni singolo dettaglio numerico (Barabási et al. 2002).

In aggiunta agli effetti strutturali, nelle reti di collaborazione scientifica è pensabile arricchire il modello considerando il peso dei legami, ovvero ad esempio il numero di articoli che due autori hanno scritto assieme, considerando l'evoluzione del legame in termini di forza del legame stesso (Li et al. 2007). Questo potrebbe essere considerato, così come suggerisce Newman (2001), assumendo che in un articolo a due autori la collaborazione sia più stretta che in uno a dieci autori e assegnando un peso alla collaborazione in funzione del numero di co-autori:

$$\sum_{p=1}^k \frac{1}{n_p - 1}$$

Dove n è il numero di autori per articolo e k è il numero di articoli tra due autori.

Gli effetti strutturali sono meccanismi endogeni del network che si collegano alla probabilità dei legami tra gli attori; ad esempio, in un gruppo coeso quale un gruppo di ricerca è ragionevole ipotizzare una tendenza alla reciprocazione dei legami, in quanto la collaborazione predispone la volontà dei due attori. Per questo motivo è più probabile che un soggetto A decida di collaborare con un soggetto B in un momento t_m , nel caso in cui in un momento t_{m-1} B abbia collaborato con A, rispetto al caso in cui queste due persone non abbiano mai interagito. Anche gli attributi specifici dei soggetti possono favorire o inibire un legame tra due attori, sulla base dei meccanismi di omofilia o eterofilia (McPherson et al. 2001) che governano i diversi tipi di relazione; ad esempio è più probabile che uno scienziato scriva un articolo con un altro con il quale condivide i medesimi interessi di ricerca, piuttosto che con qualcuno che non si occupa di quel tema di ricerca (omofilia), d'altra parte è facile verificare che individui a basso status collaborino con individui ad alto status rispetto alla collaborazione tra individui del medesimo status (eterofilia).

In pratica, per studiare l'effetto dell'evoluzione del network è necessario costruire uno schema evolutivo che aiuti a comprenderne l'effettiva dinamica. Nello studio delle reti di relazioni tale schema matematico si applica "fotografando" il network in momenti successivi e partendo dal presupposto che negli intervalli tra i momenti di osservazione abbia luogo una continua evoluzione non osservabile.

Il trattamento dei metodi utili ad analizzare dati di rete longitudinali presuppongono che questi dati siano disponibili. È evidente che la raccolta di tali dati risulti molto più complessa di quella inerente ad un singolo momento, in quanto ad esempio l'evoluzione della rete presuppone meccanismi che considerino l'aumento o la diminuzione dei suoi membri.

In letteratura esistono vari modelli che cercano di spiegare l'evoluzione dei fenomeni sociali attraverso lo studio di dati relazionali longitudinali (Cooper et al. 2001; Holland et al. 1977; Wasserman 1980a; Wasserman et al. 1996; Wasserman 1980b). Un primo problema con cui questi studiosi si sono confrontati è l'osservazione che l'evoluzione del network tra due osservazioni non avviene per brusche discontinuità ma come il risultato di una serie di piccoli cambiamenti; è infatti naturale pensare che il processo evolutivo non sia correlato con i momenti di osservazione, ma agisca approssimativamente come un processo continuo che influenza se stesso. In ogni momento, infatti, la struttura del network è una determinante della probabilità dei cambiamenti che avverranno nel momento successivo (Coleman 1964). Sono stati proposti molti modelli in letteratura per analizzare osservazioni ripetute nelle reti sociali che considerano i cambiamenti come avvenuti in passi discreti da un momento di osservazione al successivo (Banks et al. 1997; Katz et al. 1959; Sanil et al. 1995), tuttavia si ritiene fondamentale incentrare lo studio dell'evoluzione su modelli che assumono un processo continuo con momenti di osservazione discreti (Holland et al. 1977; Wasserman 1977).

Snijders (1996; 2005a; 2001), costruendo sul lavoro di Wasserman (1977; 1980b) e Leenders (1995), che avevano sviluppato un modello basilare considerando i soli effetti di reciprocità e similarità, ha sviluppato un modello che, basandosi sullo studio delle catene markoviane, prende in considerazione contemporaneamente più effetti strutturali del network e interpreta

l'evoluzione della rete di relazioni tra gli attori come conseguenza delle scelte degli attori stessi di creare nuovi legami oppure di interrompere quelli esistenti.

Il modello, coerentemente con i principi dei processi markoviani, assume che gli attori operino le proprie scelte a partire dalle informazioni che possiedono sulla struttura relazionale interna al network, mentre non vengono considerate le strutture che la rete ha assunto in passato. In pratica per conoscere la configurazione della rete al momento t_m ci si basa esclusivamente sulle informazioni relative al momento t_{m-1} , che influenza le scelte degli attori e con esse la configurazione futura. I cambiamenti nel network si verificano step by step, cioè un solo attore alla volta effettua un solo cambiamento nella propria struttura relazionale. Questi microsteps si accumulano e danno luogo ad ampi cambiamenti.

Nel modello gli attori agiscono nel tentativo di ottimizzare la configurazione del network in relazione all'utilità e ai propri obiettivi (Huisman et al. 2003). Il modello assume che tutti gli attori abbiano a disposizione un quadro completo della struttura relazionale interna al proprio network. Sulla base di tale informazione (la struttura dell'ego-network) e sui valori degli attributi rappresentati dalle variabili covarianti osservate, essi valutano la propria situazione all'interno della rete di relazioni e operano cambiamenti allo scopo di migliorare questa posizione. Gli attori sono indipendenti tra loro e agiscono senza coordinarsi, si preoccupano solo del breve periodo e non fanno supposizioni sulle eventuali contromosse di altri attori; in breve applicano una strategia miope. Le valutazioni in merito alla posizione vantaggiosa all'interno del network sono funzione del punto di vista dell'attore (individualismo metodologico); in questo senso Snijders parla di modello orientato dall'attore, cioè actor-oriented.

Gli assunti del modello rappresentano certamente limitazioni rispetto alle situazioni reali e devono essere considerati attentamente, per non falsare l'interpretazione delle diverse reti di relazioni sociali. Il modello non sostiene, ad esempio, che ci sia effettivamente una tendenza intenzionale e cosciente all'ottimizzazione da parte degli attori, però si può applicare il punto di vista dell'attore alle reti modellandole come se questa tendenza ci fosse.

Il modello actor-oriented viene definito attraverso due funzioni statistiche. La prima, detta funzione di distribuzione nel tempo (rate function), è legata al momento in cui un attore cambia una sua relazione all'interno del network. Questa funzione specifica la frequenza con cui i singoli attori possono "fare una mossa" e può essere uguale per tutti oppure dipendere dagli attributi degli attori e/o dalle loro posizioni all'interno del network. Il contenuto specifico della mossa che un attore effettua è determinato stocasticamente dalla seconda funzione del modello, detta funzione obiettivo (objective function). Tale funzione si suddivide in tre parti: una funzione di valutazione (evaluation function) che modella la soddisfazione degli attori per le diverse configurazioni possibili del network; una funzione di dotazione (endowment function) che si collega alla gratificazione derivante dalle diverse mosse che hanno portato a tali configurazioni; e una componente casuale riferita agli effetti residui. Recentemente Snijders e i suoi collaboratori hanno sviluppato una versione più elaborata e complessa del modello actor-oriented, in grado di prendere in considerazione l'evoluzione congiunta della struttura del network e del comportamento degli attori che ne fanno parte (Snijders et al.

2006; Snijders et al. 2007; Steglich et al. 2004). Spesso si può osservare che gli attori legati tra loro presentano attributi simili, ad esempio tra i membri di una classe è facile che gli alunni si vestano in modo simile, frequentino determinati locali, ascoltino la stessa musica, ecc. Per spiegare tali fenomeni di autocorrelazione bisogna tenere conto sia dei meccanismi di influenza o contagio (la relazione tra due soggetti influisce sulle loro scelte comportamentali: fumo perché fumano i miei amici) sia dei processi di selezione (un attributo individuale determina una scelta relazionale: A fuma e diventa amico di B perché anche lui è fumatore).

In questo nuovo modello gli attori, sempre nell'intento di massimizzare la propria posizione all'interno del network, possono modificare non solo le proprie relazioni ma anche il proprio comportamento: bisogna tenere in conto sia le decisioni relazionali sia quelle comportamentali e prevedere due funzioni obiettivo e due funzioni di attività, dal punto di vista del contenuto e della frequenza del cambiamento.

In questo modo lo schema si complica da un punto di vista tecnico e operativo, tuttavia la logica del modello non cambia. Il presente elaborato si concentra proprio su quest'ultima evoluzione del modello che considera l'evoluzione del comportamento, ovvero di qualcosa che è influenzabile direttamente da scelte "comportamentali" dall'attore – la performance della ricerca – e delle relazioni che l'attore intesse con gli altri attori del network – il network di collaborazione – e ricostruisce il modello actor oriented per l'evoluzione del network. Per non appesantire la lettura, inoltre, coerentemente con quanto riportato in Savoia (2007), si è scelto di non entrare nei dettagli matematici e statistici, per i quali si rimanda alla letteratura (Burk et al. 2007; Huisman et al. 2003; Koskinen et al. 2007; Snijders 1996; Snijders 2005a; Snijders et al. 2006; Snijders 2001; Snijders 2004; Snijders et al. 2007; Steglich et al. 2004).

Capitolo 2

Sviluppo delle ipotesi

Dall'analisi della letteratura sin qui presentata si potrebbe essere tentati di concludere che non vi sia più nulla da sapere in merito alla collaborazione scientifica, che ogni meccanismo che governa il rapporto tra la collaborazione e le performance sia stato studiato e che vi sia unanime consenso in merito al significato della collaborazione nella scienza.

Alcuni potrebbero supporre che la collaborazione sia da ricercare ad ogni costo, che per creare collaborazione sia sufficiente porre gli incentivi giusti, che la collaborazione sia una caratteristica intrinseca della scienza, che sia automatica e che produca sempre risultati positivi.

Molti enti di finanziamento, ad esempio, fondandosi su questa interpretazione, impongono la collaborazione come *conditio sine qua non* per l'accesso ai fondi di ricerca, verificandola solamente nelle statistiche che riportano la collaborazione scientifica internazionale in aumento o nelle partecipazioni a presentazioni congiunte di questo Ateneo e quell'istituto, o di questa università e di quell'impresa.

Anche se in letteratura affermazioni come questa non vengono solitamente riportate, le interviste condotte e l'esperienza vissuta a stretto contatto con i ricercatori hanno fornito una visione realista del fenomeno della collaborazione comandata. Una visione che, riportata da chi partecipa a programmi che impongono la collaborazione, presenta una forte componente di sfiducia verso i legami che vengono dichiarati nei report formali, che sono magnificati in fase di presentazione, e che, troppo spesso, si trasformano in particolarismi e campanilismi all'atto della concessione del finanziamento e della successiva suddivisione.

In realtà, messe da parte le questioni inerenti alle politiche a sostegno della collaborazione, poco si conosce dei fenomeni che realmente la guidano e che ne permettono, ad esempio, la formazione, che non può di certo essere imposta. D'altra parte, sarebbe utile essere consapevoli delle condizioni di base che permettono il crearsi di legami stabili, di come questi legami si sviluppino nel tempo e di che cosa li influenzino, per poter considerare, ad esempio, quali porteranno a dei risultati e quali invece saranno dannosi o neutri.

Non si sa neppure, ad esempio, quali sono i pattern con cui gli individui decidono di impegnarsi in una determinata collaborazione o di entrare in un particolare gruppo o progetto. Alcuni potrebbero pensare che dietro lo stabilirsi di legami di collaborazione vi sia un lucido calcolo o uno scambio di competenze; altri invece potrebbero vedervi una predisposizione culturale o comuni interessi di ricerca. Ciò che se ne può derivare è che ultimativamente non sia noto

quali siano gli elementi che fanno sì che un particolare ricercatore decida di collaborare con un partner piuttosto che con un altro.

D'altro canto, anche una volta formato il legame, che cosa lo mantiene attivo? Nella ricerca, diversamente dall'industria, non esiste una figura che crea ed impone i gruppi di lavoro, o gli obiettivi, o le scadenze. Allora cosa tiene assieme i gruppi? Che cosa li fa crescere o evolvere? Che cosa li motiva al sacrificio e al raggiungimento di obiettivi che, pur tra le difficoltà di un'attività creativa e innovativa, vengono alla fine raggiunti?

In più, che valore ha la performance in questo contesto? Ad esempio, sono i più bravi, i più produttivi che hanno un vantaggio o quelli che creano più legami, differenziati a seconda delle occasioni?

Di fronte ad interrogativi come questi anche il ricercatore più consapevole vacilla, si perde, fatica a riconoscere il suo mondo e le sue dinamiche. Alla domanda: che cos'è un gruppo di ricerca i più forniscono informazioni vaghe: "le persone con cui collaboro", "i membri del mio dipartimento", "i ricercatori con cui mi confronto". Alcuni riportano le collaborazioni passate, altri quelle presenti, altri addirittura quelle future o potenziali, altri si rifugiano in una definizione organizzativa o di comunità, che però talvolta non coincide nemmeno con i legami tangibili, o desiderati. L'idea di collaborazione assume dunque caratteri potenziali, dinamici, in evoluzione e si fatica a coglierne la vera essenza.

In questo lavoro, per cercare di rispondere a questi interrogativi, sono stati individuati tre filoni principali, che condividono come presupposto il carattere dinamico ed evolutivo del fenomeno oggetto di studio:

Membership: Con quali pattern gli individui decidono di entrare in un particolare gruppo?

Crescita: C'è una relazione tra le caratteristiche strutturali del network del singolo ricercatore, quello dei gruppi di ricerca e la performance?

Evoluzione: Le performance dei singoli e del gruppo influenzano il processo di evoluzione del network dei ricercatori?

Il primo filone è stato ampiamente affrontato in letteratura attraverso l'uso di metodi statistici, analizzando la probabilità p di entrare in un gruppo, dato il numero k di contatti che l'attore ha già all'interno del gruppo (Backstrom et al. 2006). I modelli più comuni pongono una dipendenza logistica tra p e k , come se valesse la legge dei ritorni decrescenti. A questo approccio, che rimane valido e pone un limite superiore al numero di contatti che è possibile gestire all'interno del gruppo in un dato momento, è possibile affiancare un approccio più generale volto a comprendere quali siano i meccanismi sociali che influenzano la membership.

Riprendendo a questo proposito il concetto espresso da Eaton et al. (1999), non risulta chiaro il grado di intenzionalità del processo che porta alla costruzione del network sociale, considerando costanti le caratteristiche strutturali della rete, ovvero quali siano i meccanismi

(intenzionali e non) che portano un autore alla decisione di costruire i legami necessari alla sua entrata in un gruppo di ricerca.

Ruef et al (2003) riportano che nella letteratura di matrice sociologica si possono identificare cinque meccanismi generali che possono influenzare questo processo, che sono stati precedentemente presentati: omofilia, funzionalità, aspettative di status, vincoli di network e vincoli ambientali. In particolare, questo studio considera i vincoli di network e i vincoli ambientali come fondanti e li include nella scelta del campione, mentre si propone di studiare come l'omofilia, la funzionalità (che rappresenta il suo opposto) e le aspettative di status possono caratterizzare il processo di membership.

Gli studi attuali hanno già dimostrato che a livello statico i gruppi di ricerca tendono ad essere omofiliaci, in questo studio si vuole estendere questo concetto statico anche al contesto dinamico, ovvero a formulare la seguente ipotesi:

H1: nell'entrata in un gruppo di ricerca il pattern di omofilia prevale sulla funzionalità e sulle aspettative di status.

In particolare la prevalenza di legami omofiliaci a livello statico nei network di ricercatori rispetto a legami funzionali e il sostanziale equilibrio di legami verso ogni livello di status porta ad ipotizzare che questo non sia un effetto del tempo ma che rimanga valido anche al momento dell'entrata, portando alla formulazione delle seguenti ipotesi:

H1a: nell'entrata in un gruppo di ricerca l'omofilia è prevalente rispetto alla funzionalità

H1b: nell'entrata in un gruppo di ricerca la collaborazione avviene con individui ad ogni livello di status.

Questo fenomeno è stato ampiamente studiato come meccanismo evolutivo dei gruppi sociali (Pearson et al. 2006; Van De Bunt et al. 1999), ma non è stato ancora affrontato in modo approfondito come questo avvenga nei gruppi professionali e in particolare nei gruppi di ricerca.

Per quanto concerne il secondo filone, molti studi hanno mostrato un alto grado di correlazione tra la collaborazione e la produttività. Van Raan (2006a), in un recente studio ha analizzato come le proprietà statistiche delle caratteristiche bibliometriche di due insiemi di gruppi di ricerca variano in relazione alle performance (in particolare la dimensione del gruppo in relazione al numero di pubblicazioni), suddividendo il campione tra gruppi ad alte performance e gruppi a basse performance. Nello studio emerge che il fattore principale che influenza la performance è la dimensione del gruppo, e secondariamente il fenomeno del preferential attachment.

Van Raan mostra quindi che la collaborazione risulta essere intrinsecamente connessa con le performance anche all'interno dei gruppi di ricerca e, inoltre, basandosi sul fenomeno del preferential attachment, postula che i gruppi di ricerca ad alte performance attraggano persone ad alto potenziale, e che quindi questi gruppi avranno un vantaggio competitivo nella

crescita (van Raan 2006a). L'intuizione di van Raan sull'importanza della performance sulla crescita e quindi dell'evoluzione dei gruppi di ricerca, sebbene interessante, rimane comunque non dimostrata in quanto il suo lavoro analizza staticamente le performance in relazione alla dimensione dei gruppi e non rispetto alla loro evoluzione in termini di relazioni tra i membri. Infatti vi è una sostanziale differenza tra un parametro numerico che caratterizza un gruppo, ovvero la numerosità delle persone che lo compongono, o la performance cumulata, e il vantaggio competitivo che in un dato momento le connessioni di un singolo nodo, o la performance che lo caratterizza, forniscono al nodo stesso all'interno della rete.

Una differenza sostanziale, che in parte spiega perché Van Raan abbia postulato ma non dimostrato questa relazione, è da ricondursi ad un problema metodologico che ci si trova costretti ad affrontare sui gruppi di ricerca quando si passa da una prospettiva statica ad una che prende in considerazione l'evoluzione.

In una prospettiva statica, infatti, si possono ad esempio computare i parametri che caratterizzano i gruppi come somma algebrica dei parametri dei singoli, definendo quindi il concetto di dimensione del gruppo (la somma dei singoli), di crescita (numero di addetti in aggiunta o diminuzione) e di performance (somma – opportunamente corretta – delle performance dei singoli). Questa prospettiva, però, non tiene conto che, a prescindere dal gruppo, la relazione viene stabilita tra gli individui e che la performance del gruppo è un concetto astratto che, in molti casi, non ha nemmeno senso computare come somma dei singoli (si pensi a gruppi con comunità eterogenee o con membri che hanno interessi di ricerca non simili). In aggiunta il gruppo (e quindi la sua performance) è in continua evoluzione, in quanto i nodi entrano ed escono e appartengono contemporaneamente a gruppi diversi.

Risulta anche molto complesso caratterizzare precisamente il gruppo di ricerca e identificarlo nella sua evoluzione con l'obiettivo di studiare, in effetti, se la performance abbia o no una relazione con la crescita, se non si ricorre, come Van Raan, a variabili esogene o organizzative che creino cluster disgiunti.

Al fine di non confondere il lettore, da qui in poi si utilizzerà il termine gruppo come l'insieme delle persone che collaborano e network come l'insieme delle relazioni. In particolare si assume una prospettiva dinamica per l'individuazione del gruppo di ricerca, che viene definito a partire dal network, come chiusura transitiva delle relazioni del singolo ricercatore.

Questa definizione implica che in un certo periodo un ricercatore possa far parte di più gruppi di ricerca e che il gruppo cresca a partire dalla crescita del network coeso dei singoli ricercatori che vi fanno parte. Questa definizione consente di estendere il risultato raggiunto staticamente di correlazione tra performance e collaborazione, e dimostrare l'intuizione di Van Raan, formulando la seguente ipotesi:

H2: l'aumento della performance del singolo ricercatore all'interno di un gruppo coeso è correlato positivamente con l'evoluzione del network di tutti i ricercatori che appartengono a quel gruppo.

In aggiunta, entrando nel merito dei meccanismi che governano l'evoluzione del network dei ricercatori, un gruppo di ricerca ad alte performance, in virtù dell'importanza e della dimensione, potrebbe crescere attraverso due modalità differenti: selezionando ricercatori già ad alte performance oppure attraendo persone ad alto potenziale, da far crescere successivamente al suo interno.

A questa questione si allaccia lo studio di Braun et. al. (2001) e di Wagner e Laydesdorff (2005b), che si interrogano sulla stabilità e sull'evoluzione dei gruppi di ricerca e intravedono nei continuanti la figura chiave dell'evoluzione, perché agiscono da stabilizzatori e da hub della rete, attraendo gli altri profili e creando una dinamica evolutiva sociale nel network.

Questo fenomeno, che si accentua a livello organizzativo, potrebbe implicare fenomeni di influenza e selezione nell'evoluzione del network di ricercatori, instaurando di fatto una competizione per i collaboratori e suggerendo quindi che il fenomeno di preferential attachment funzioni diversamente per i novizi e i transitori rispetto ai cessanti e i continuanti. Questo è di fatto un sistema competitivo che ricompensa la creazione di conoscenza e pertanto ne potrebbe essere informato.

Guardandolo dal punto di vista della produttività, Pravdic e Oluic-Vukovic (1986) arrivano ad un risultato simile, ovvero che per un ricercatore l'effetto sulla produttività è funzione della tipologia dei legami che instaura, infatti mentre la collaborazione con scienziati ad alta produttività tende ad aumentare la produttività personale, la collaborazione con scienziati a bassa produttività in genere la fa diminuire, sottintendendo un fenomeno di influenza.

Un altro risultato che contribuisce ad avvalorare questa tesi è quello raggiunto da Eaton e collaboratori (1999), i quali riportano che il primo risultato di rilievo per un ricercatore sembra essere frutto delle vicinanza spaziale, professionale e probabilmente sociale ad un autore ad alte performance (influence), mentre per ricercatori già ad alta produttività, la centralità nella rete sembra agire come una forza di gravità, attraendo potenziali collaboratori verso il ricercatore di successo. Inoltre si suppone che esista una "forza" che attrae questi collaboratori che è proporzionale alla "massa" rappresentata dal numero di legami dello scienziato di successo. In questo studio, come sopra riportato (H2), si cercherà di dimostrare che nell'evoluzione della collaborazione quello che conta non è il numero di legami ma il valore del lavoro di ricerca (performance). In aggiunta, quasi a dimostrazione della teoria sopra citata, gli autori riportano che una posizione in un'università con una tradizione produttiva nella disciplina oggetto di studio aumenta le possibilità per quel ricercatore di accedere a potenziali co-autori di talento, sottolineando l'importanza del contesto nell'evoluzione dei gruppi di ricerca.

Un ulteriore risultato importante riguardo all'evoluzione delle reti sociali è quello a cui giungono Centola e collaboratori (2006), che riportano come l'interazione tra omofilia e influenza produca una struttura di nicchia dove i membri sono o assorbiti all'interno del core del gruppo attraverso l'influenza oppure la loro uscita è forzata dal gruppo stesso per zero overlap. È significativo che tali nicchie non siano prodotte attraverso la competizione o la pressione selettiva ma attraverso meccanismi di omofilia e influenza in un processo co-

evoluzionista. Tale risultato, raggiunto per via teorica, richiede una conferma empirica, che può essere raggiunta studiando l'evoluzione dei gruppi di ricerca nelle dimensioni di selezione ma soprattutto di influenza, pertanto si ipotizza che:

H3: L'evoluzione delle performance di un ricercatore che appartiene ad un gruppo avviene principalmente per influenza

Definizione dell'unità di analisi:

Date le problematiche evidenziate nella considerazione di conferenze e giornali "top" (Beaver 2001) e i vincoli di network e i vincoli ambientali, che influenzano pesantemente la scelta dei collaboratori (Ruef et al. 2003) si considera l'organizzazione come il locus privilegiato per studiare l'evoluzione della collaborazione e il suo rapporto con le performance.

L'organizzazione individuata è rappresentata dall'università di Bologna, che dal 1997 ha un organo, l'Osservatorio della Ricerca, deputato alla valutazione della ricerca. Come emerge dal Regolamento istitutivo dell'Osservatorio, la valutazione dell'attività scientifica deve comprendere i seguenti aspetti:

"capacità di attrazione di risorse da utilizzare per la ricerca; dottorati di ricerca; coinvolgimento di docenti e ricercatori dell'Ateneo in organismi internazionali e nelle grandi istituzioni nazionali che svolgono attività di indirizzo e promozione della ricerca; sviluppo di iniziative scientifico-culturali; pubblicazioni scientifiche; eccellenza dei risultati conseguiti."

Per comprendere questi aspetti questo organo ha dato vita ad una serie di iniziative volte a strutturare il processo di valutazione delle strutture prima e dei ricercatori poi. Tra le altre ha introdotto l'obbligatorietà della compilazione da parte di tutti i ricercatori dell'Ateneo di un data base per la raccolta dei dati sui prodotti della ricerca; l'adozione di alcune classificazioni sperimentali dei prodotti stessi, la pratica dell'auto-valutazione delle strutture universitarie e la periodicità della peer-review.

Il processo di valutazione *peer-review*, avviato nel 2002 e concluso nel 2005, relativo alle strutture dipartimentali di ricerca, è stato fra i primi e i più articolati in Italia. Il processo prevedeva la valutazione delle seguenti dimensioni da parte di esperti italiani e stranieri:

1. produzione scientifica (in relazione a numero di ricercatori e personale, risorse finanziarie, spazi e servizi);
 - a. Numero di ricercatori permanenti
 - b. Numero di ricercatori non permanenti
 - c. Numero delle unità di personale tecnico impegnate nella ricerca
 - d. Numero delle unità di personale amministrativo impegnate nella gestione dei fondi di ricerca
 - e. Risorse finanziarie ricevute dall'Ateneo e da altri Enti
 - f. Spazi dedicati alla ricerca (laboratori, biblioteche, strutture informatiche, etc...)

2. gruppi di ricerca e/o singoli ricercatori (suddivisi per eccellenza, marginalità, innovazione);
 - a. Gruppi di ricerca o singoli ricercatori che danno un contributo di eccellenza alla produzione scientifica della struttura
 - b. Gruppi di ricerca o singoli ricercatori che danno un contributo marginale alla produzione scientifica della struttura
 - c. Gruppi di ricerca o singoli ricercatori che perseguono ricerche innovative
3. vitalità scientifica della struttura;
4. capacità di attrarre fondi per la ricerca;
5. capacità di gestire risorse per la ricerca;
6. attività di ricerca in rapporto con le esigenze del territorio, del sistema produttivo e del sistema sociale (se pertinente);
7. strategie attivate per la qualificazione della struttura e dell'auto-valutazione;
8. attività complessiva di ricerca della struttura.

I contenuti del punto 1 (nelle sue sottosezioni da a ad e) attengono principalmente alle caratteristiche strutturali del dipartimento, che possono ripercuotersi negativamente sulla funzionalità del medesimo e quindi sulle attività di ricerca in misura più o meno sensibile, senza essere direttamente riconducibili a specifiche responsabilità dei ricercatori del dipartimento. I contenuti dei punti 2-3-4-5-6-7 attengono invece più direttamente alle capacità, alle prestazioni e alla responsabilità dei ricercatori del dipartimento (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2006).

Questo studio è stato condotto considerando primariamente il ricercatore e il suo network – il gruppo di ricerca – inteso come unità di base nella quale si sviluppa la collaborazione, e il dipartimento, inteso come unità organizzativa dove si svolge l'attività di ricerca.

L'utilizzazione del dipartimento come unità organizzativa discende dalla considerazione che i gruppi di ricerca si organizzano in comunità che intraprendono attività comuni e sono soggette a pressioni simili dal punto di vista della reputazione e delle regole. Questa è la nozione di "settore organizzativo" presente in Powell e Di Maggio (1983), che è stato anche definito come "un network, o una configurazione di relazioni tra posizioni" (Bourdieu in Powell et al. 2005).

L'elemento base della rete rimane comunque il ricercatore, che può appartenere a più network. I gruppi di ricerca sono stati considerati come un cluster di ricercatori, con le loro pubblicazioni, e possono essere considerati come i nodi di una rete di ordine superiore ai singoli ricercatori, rete che ha per legami le relazioni che partono dai nodi all'interno del gruppo.

Questi due ordini di reti hanno caratteristiche comuni, il concetto di dimensione inteso come numero di pubblicazioni per ogni nodo e il concetto di forza, inteso numero di legami tra due nodi. In letteratura si parla di preferential attachment in termini di degree, ovvero i nodi con il maggior numero di legami attraggono più facilmente nuovi legami. Nel presente studio, coerentemente con (van Raan 2006a) non è il numero di legami che determina un nuovo legame, ma la dimensione e il valore dell'attività di ricerca, meglio intesa come performance.

Per essere in grado di comprendere ed interpretare la collaborazione e la co-authorship in modo corretto, la cooperazione deve essere studiata ad ogni livello di aggregazione in modo specifico.

La scelta delle discipline e dei dipartimenti è stata condotta in modo da massimizzare la diversità di pattern di collaborazione, come ad esempio la differenza tra un approccio scientifico e uno umanistico, ovvero la necessità di lavorare in un luogo fisico vicini alle apparecchiature rispetto a quelli che non hanno questa necessità (Wagner et al. 2005a).

Capitolo 3

I dati e i metodi

I dati

Questo studio è stato condotto presso una importante Università, che conta circa 3000 ricercatori strutturati e almeno altrettanti collaboratori. Nella Figura 2 viene presentato il trend degli strutturati negli ultimi dieci anni.

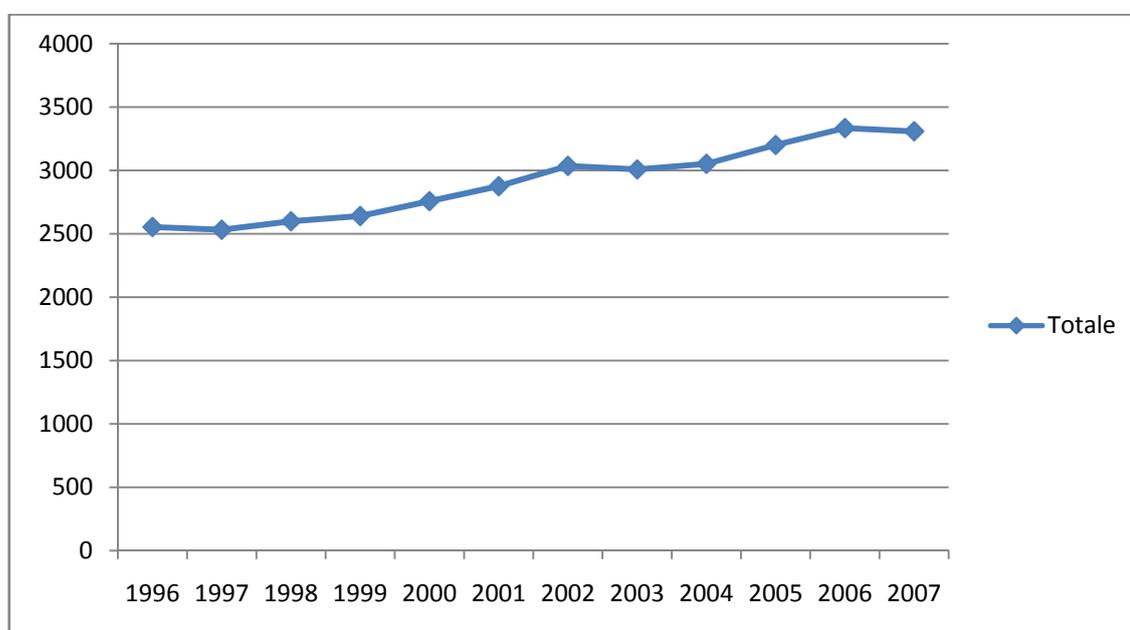


Figura 2 - Addetti alla ricerca (strutturati)

Nella Figura 3 sono riportati i trend di evoluzione della carriera degli scienziati, raggruppandoli in 3 categorie: ricercatore (ricercatori confermati e non confermati), associato (associato, associato non confermato e associato fuori ruolo) e ordinario (straordinario, ordinario e fuori ruolo).

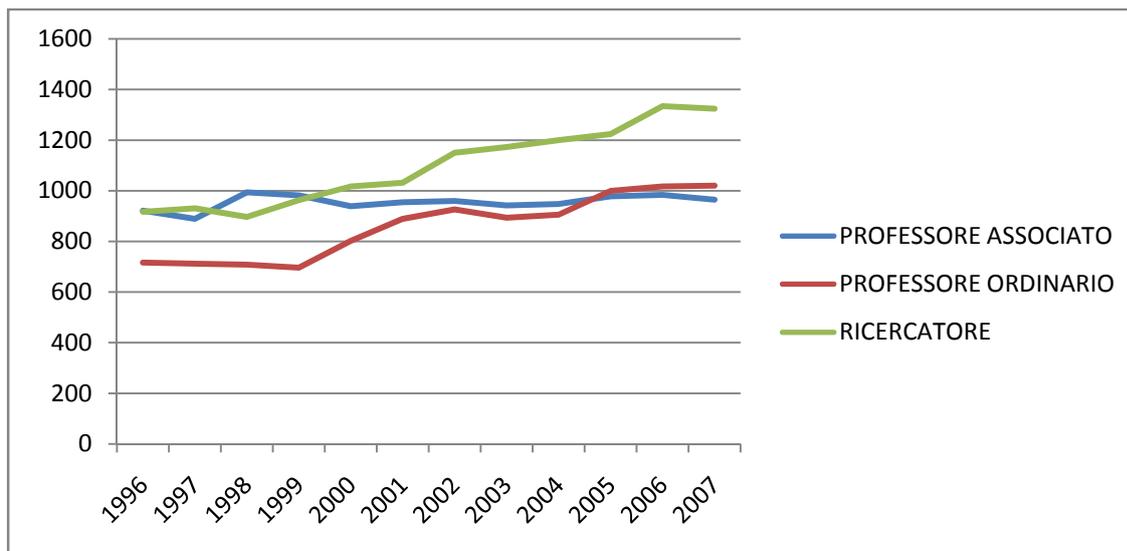


Figura 3 - Evoluzione delle qualifiche nel tempo

Nell'Ateneo di Bologna la raccolta dei dati inerenti ai prodotti della ricerca viene effettuata su base annuale per via telematica attraverso la compilazione diretta delle informazioni e una procedura di riconoscimento, che è fondamentale per evitare i duplicati e per associare i ricercatori al prodotto in modo univoco.

Fino al 2003 i prodotti oggetto di rilevamento erano distinti tra il settore umanistico e quello scientifico; si riportano di seguito le classificazioni così come presenti nel rapporto di valutazione (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2001) che sono state elaborate per il presente lavoro:

Tabella 5 - Classificazione delle Pubblicazioni Scientifiche (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2001)

A0. Pubblicazioni in rivista con IF > del 75° percentile della 'Subject Category Listing' (ISI)¹⁰;

A1. Pubblicazioni in rivista principale a diffusione internazionale con 'referee', senza IF;

A2. Monografie, libri e trattati scientifici (di tipo non didattico) a diffusione internazionale;

B0. Pubblicazioni in rivista con valore di IF compreso tra il 75° ed il 25° percentile;

B1. Pubblicazioni in rivista media a diffusione internazionale con 'referee', senza IF;

¹⁰ Per quanto riguarda le pubblicazioni di area scientifica, la classificazione delle pubblicazioni su riviste aventi diffusione internazionale e censite dal 'Journal of Citation Reports Science Edition' (edito dall'Institute of Scientific Information, ISI) è stata effettuata utilizzando il Fattore di Impatto (IF). I valori di IF di queste riviste e dei percentili che definiscono la demarcazione tra le classi si sono riferite, per l'anno 2000, ai dati del 1999. Per le categorie disciplinari alle quali vengono attribuite dall'ISI meno di cinque riviste, non sono stati forniti i valori dei percentili: in questo caso, le riviste sono state valutate come quelle non censite da ISI.

B2. Monografie, libri e trattati scientifici (non didattici) in italiano, case editrici nazionali principali;
B3. Pubblicazioni in raccolte di contributi di autori diversi a diffusione internazionale;
C0. Pubblicazioni in rivista con IF < del 25° percentile;
C1. Pubblicazioni in rivista minore a diffusione internazionale con 'referee', senza IF;
C2. Pubblicazioni in rivista principale a diffusione nazionale con 'referee', senza IF;
C3. Monografie, libri e trattati scientifici (non didattici) in italiano, case editrici nazionali;
C4. Pubblicazioni in esteso in atti di convegni internazionali con 'referee';
D1. Pubblicazioni in esteso in atti di convegni nazionali con 'referee';
D2. Pubblicazioni in riviste a diffusione nazionale, senza IF;
E1. Altre pubblicazioni;
E2. Abstract di convegni.

Tabella 6 - Classificazione delle Pubblicazioni Umanistiche (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2001)

A1. Monografie o cataloghi monografici originali;
A2. Edizioni critiche;
B1. Saggi originali in riviste selezionate di riferimento (a circolazione internazionale) ¹¹ ;
B2. Saggi in atti di convegni di rilevanza internazionale;
B3. Saggi in volumi a più mani o in miscellanee a circolazione internazionale;
B4. Voci di enciclopedie equiparabili a saggi;
C1. Saggi in riviste a circolazione nazionale;
C2. Saggi in atti di convegni di rilevanza nazionale;

¹¹ Per quanto riguarda le pubblicazioni su periodici di area umanistica e su riviste dei settori scientifici senza Fattore di Impatto, i docenti e ricercatori sono stati invitati a classificarle sulla base dello schema generale di riferimento adottato dalla struttura (settori scientifici o settori umanistici), attribuendo loro livelli e classi previsti per le rispettive aree (B1, C1, D5 per i settori umanistici, A1, B1, C1, C2, D2, E1 per i settori scientifici).

C3. Saggi in volumi a più mani o in miscellanee;

C4. Manuali universitari (escluse dispense);

C5. Edizioni scientifiche introdotte e commentate;

D1. Rassegne e discussioni;

D2. Comunicazioni pubblicate in atti di convegni;

D3. Cura di atti, di volumi miscellanei e di cataloghi;

D4. Concordanze o indici (cartacei o su supporto elettronico);

D5. Saggi in altre riviste;

D6. Note a sentenza;

E1. Brevi introduzioni a volumi;

E2. Antologie e manuali scolastici;

E3. Voci espositive di enciclopedie;

E4. Traduzioni presso editori stranieri di lavori di livello A, B e C già pubblicati in italiano;

E5. Edizioni divulgative.

Dal 2004, con l'introduzione di un nuovo sistema informativo a supporto dell'Anagrafe e della Valutazione della ricerca è stata condotta da parte dell'Osservatorio della Ricerca un'attività di normalizzazione delle categorie, che è confluita in una classificazione unica dei prodotti della ricerca, eliminando la suddivisione tra mondo scientifico e umanistico (Figura 4 e Figura 5). Tale classificazione ha avuto un notevole impatto ed è stata poi successivamente implementata nel sistema nazionale di Anagrafe e Valutazione della Ricerca prodotto dal CINECA (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2005).

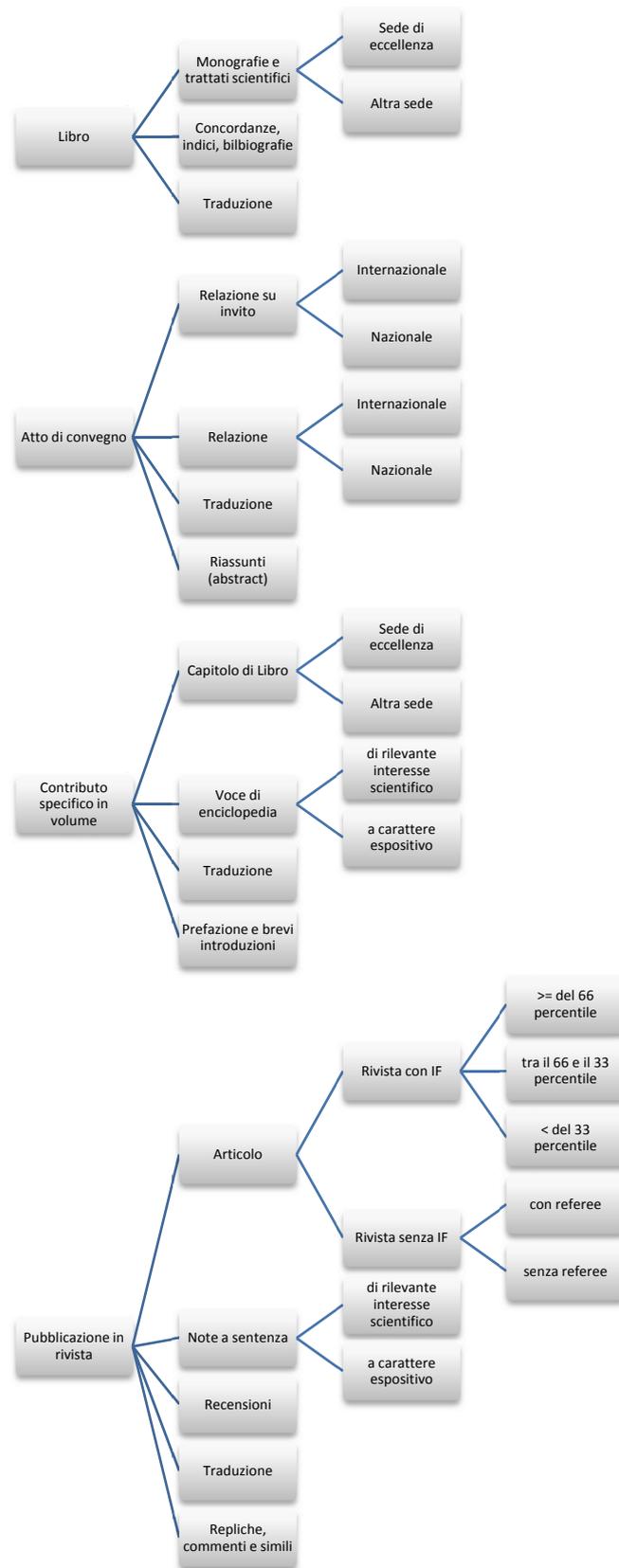


Figura 4 - Classificazione unica dei Prodotti della Ricerca (Nucleo di Valutazione d'Ateneo 2005)

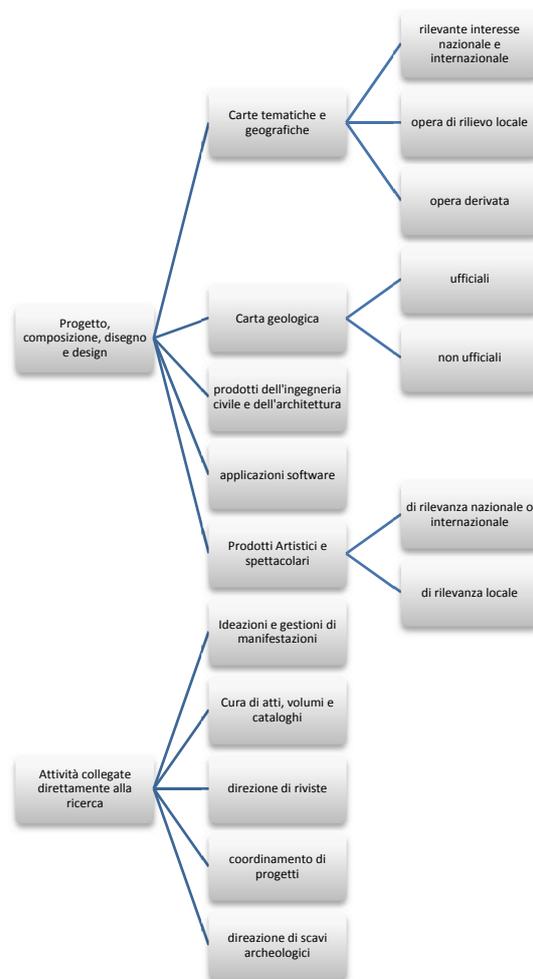


Figura 5 - Classificazione unica dei Prodotti della Ricerca (Nucleo di Valutazione d’Ateneo 2005)

Successivamente la classificazione si è andata affinando e per questo lavoro è stata modificata ed adattata l’ultima versione (Nucleo di Valutazione d’Ateneo 2006), collegandola a quella precedente (1997-2004) in modo da ottenere una classificazione unica dei prodotti della ricerca presenti nel database per gli anni che vanno dal 1997 al 2007 su due livelli. Di seguito si riportano le Macro Tipologia, le relative Tipologie e le concordanze tra la vecchia classificazione e la nuova.

Tabella 7 - Macro Tipologie

ID Macro Tipologia	Descrizione
1	Libro
2	Atto di convegno (in volume)
3	Atto di convegno (in rivista)
4	Contributo specifico in volume
5	Pubblicazione in rivista
6	Progetto, composizione, disegno e design
7	Attività collegate direttamente alla ricerca
8	Brevetti
9	Manufatto ed opera d'arte

Tabella 8 - Tipologie

ID Macro Tipologia	ID Tipologia	Descrizione
1	1	Monografie e trattati scientifici
1	2	Concordanze, indici, bibliografie, pubblicazione di fonti inedite
1	3	Traduzioni
2	1	Relazioni
2	2	Riassunti (abstract)
2	3	Traduzioni
3	1	Relazioni
3	2	Riassunti (abstract)
3	3	Traduzioni
4	1	Capitoli di libro
4	2	Voci di enciclopedia
4	3	Prefazioni e brevi introduzioni
4	4	Traduzioni
5	1	Articoli
5	4	Recensioni
5	5	Repliche, commenti e simili
5	6	Traduzioni
6	1	Carte tematiche e geografiche
6	2	Carte geologiche
6	3	Prodotti dell'ingegneria civile e dell'architettura, con documentato valore di ricerca
6	4	Applicazioni software o prodotti multimediali originali, con documentato valore di ricerca
9	1	Prodotti artistici e spettacolari (documentati da rassegna stampa)
7	1	Ideazione, progettazione, ordinamento di manifestazioni a carattere artistico, espositivo, scientifico, spettacolare e tecnologico (documentate da rassegna stampa)
7	2	Cura di atti, di volumi miscellanei, di cataloghi, di enciclopedie
7	3	Direzione/Responsabilità di riviste
7	5	Coordinamento di progetti di ricerca internazionali e nazionali (PRIN, FIRB etc)
7	6	Direzione di scavi archeologici
8	1	Brevetti
5	3	Note a sentenza
1	4	Edizioni critiche
7	4	Direzione di collane scientifiche

Tabella 9 – Tabella di raccordo tra le classificazioni

Settore_OLD	Tipologia_OLD	Tipo_OLD	ID Macro Tipologia	ID Tipologia
S	C5	E	1	4
S	A0	R	5	1
S	A1	A	3	1

S	A1	M	5	1
S	A1	R	5	1
S	A2	E	1	4
S	A2	M	1	1
S	A2	R	1	1
S	B0	R	5	7
S	B1	R	5	7
S	B2	A	2	1
S	B2	M	1	1
S	B2	R	1	1
S	B3	C	4	1
S	B3	M	4	1
S	B3	R	4	1
S	C0	R	5	8
S	C1	M	5	8
S	C1	R	5	8
S	C2	A	3	1
S	C2	M	2	1
S	C2	R	5	9
S	C3	A	2	1
S	C3	C	1	1
S	C3	M	1	1
S	C3	R	2	1
S	C4	A	3	1
S	C4	C	3	1
S	C4	M	3	1
S	C4	R	3	1
S	C5	E	1	4
S	D1	A	2	1
S	D1	C	2	1
S	D1	R	3	1
S	D2	A	3	1
S	D2	R	5	9
S	D3	M	7	2
S	D6	M	5	3
S	D6	R	5	3
S	E1	A	0	0
S	E1	C	0	0
S	E1	E	0	0
S	E1	M	0	0
S	E1	R	0	0
S	E2	A	2	2
S	E2	R	3	2
S	E3	M	4	2
S	E5	M	1	2
U	A1	M	1	1
U	A1	R	5	1
U	A2	E	1	4

U	A2	M	1	4
U	B1	C	5	1
U	B1	R	5	7
U	B2	A	2	1
U	B2	M	2	1
U	B2	R	2	1
U	B3	C	4	1
U	B4	C	4	2
U	B4	M	4	2
U	C1	C	5	8
U	C1	R	5	8
U	C2	A	2	1
U	C2	R	2	1
U	C3	C	4	1
U	C3	M	4	1
U	C4	M	0	0
U	C5	E	1	4
U	C5	M	1	1
U	C5	R	5	4
U	D1	A	5	5
U	D1	C	4	3
U	D1	M	1	2
U	D1	R	5	5
U	D2	A	2	1
U	D2	R	3	1
U	D3	A	7	2
U	D3	C	7	2
U	D3	E	7	2
U	D3	M	7	2
U	D4	E	2	1
U	D5	A	3	1
U	D5	C	4	3
U	D5	R	5	9
U	D6	R	5	3
U	E1	C	4	3
U	E1	E	4	3
U	E1	M	4	3
U	E1	R	4	3
U	E2	M	0	0
U	E2	R	0	0
U	E3	C	0	0
U	E3	M	0	0
U	E4	C	4	4
U	E4	M	1	3
U	E4	R	5	6
U	E5	M	0	0
U	E5	R	0	0

Nella Tabella 9 la vecchia classificazione è rappresentata dal settore (S Scientifico e U Umanistico), dalla tipologia - che è stata precedentemente presentata (Tabella 5 e Tabella 6) - e dal tipo (R Rivista; A Atto di convegno; C Contributi di autori diversi; M Monografie; E Edizioni Critiche).

Le pubblicazioni coprono un intervallo di 10 anni (1997-2007) e sono state inserite nel sistema direttamente dai ricercatori. Il vantaggio di avere dati longitudinali così estesi risiede nella possibilità di catturare l'estensione di una relazione, l'eliminazione di un legame con un particolare ricercatore e la creazione di un legame con un altro, così come il reiterarsi di una relazione.

Le collaborazioni sono state individuate dai ricercatori stessi tramite un meccanismo di riconoscimento che permette di ridurre i duplicati e collegare le pubblicazioni agli autori interni all'organizzazione. Gli autori sono iscritti tramite un identificatore univoco, pertanto non si incorre nel problema tipico di queste analisi di dover disambiguare i nomi e le affiliazioni. (ad es: Moody 2004).

I ricercatori sono poi attribuiti alle specifiche afferenze formali alle strutture di ricerca e di didattica (Dipartimento, Istituto, Facoltà...) ed è definita l'appartenenza degli stessi ai settori scientifici disciplinari (SSD)¹².

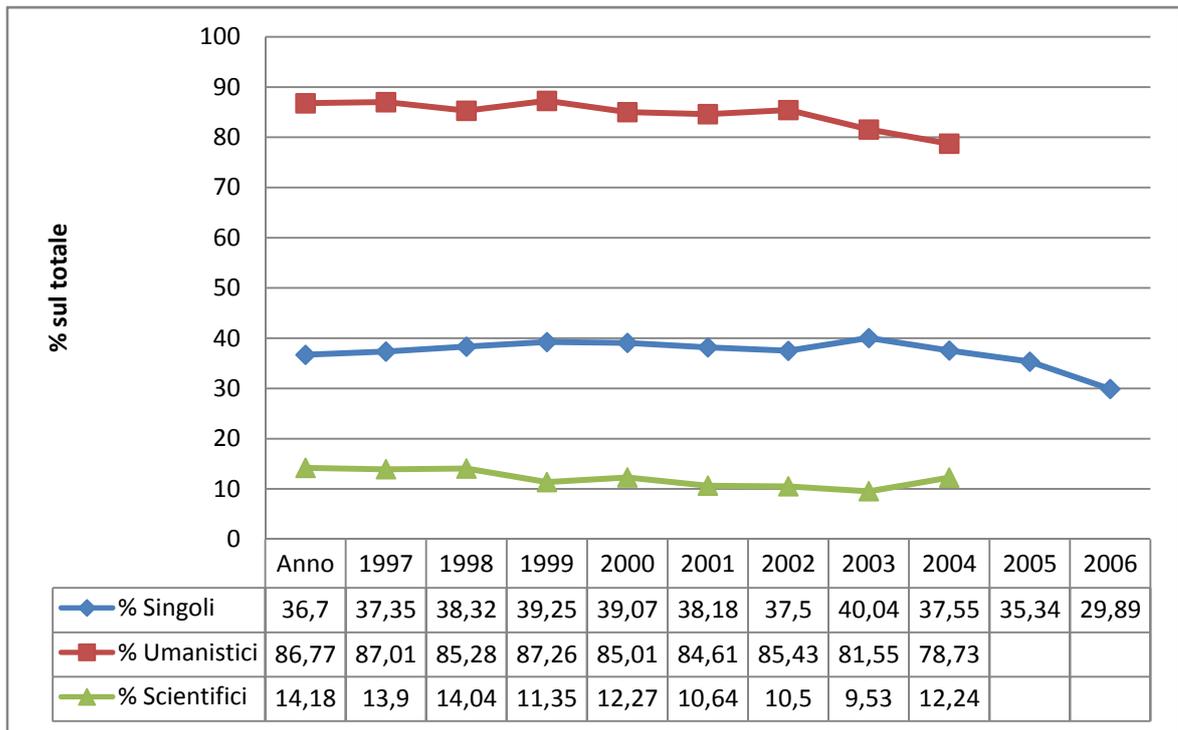
Questa attività di normalizzazione, che ha portato a classificazioni univoche dei prodotti e dei ricercatori, ha permesso di considerare la base dati disponibile come unitaria e di condurre le analisi di seguito descritte.

Nella Tabella 10 sono riportate le percentuali di lavori di ricerca ad un solo autore, calcolate rispetto al totale della categoria. Come si può vedere in generale la tendenza a pubblicare lavori singoli si attesta attorno al 40%. Se si considerano solo i lavori umanistici, la tendenza a pubblicare lavori singoli si attesta attorno all'85%, in calo negli ultimi anni. I lavori scientifici sono quasi tutti collaborativi, in quanto la percentuale di lavori a nome singolo si attesta attorno al 12%. Questi risultati sono coerenti con quanto riportato in letteratura, dove viene riportata una differenza nell'approccio alla collaborazione tra la comunità scientifica e quella umanistica (Endersby 1996; Fisher et al. 1998; Meadows 1974; Subramanyam 1983)

In generale comunque si rileva una tendenza alla diminuzione dei lavori singoli negli ultimi anni, fino ad arrivare a meno di un terzo del totale nel 2006.

¹² Per una classificazione completa in Aree e Settori si veda: <http://www.miur.it/UserFiles/115.htm>

Tabella 10 - Lavori di ricerca ad un solo autore



Nella Figura 6 e nella Figura 7 vengono presentati di diagrammi di Produttività e Collaborazione che riportano in ascissa il numero di collaboratori e in ordinata la produttività (vedi ad es. Eaton et al. 1999; Glänzel 2002). I due grafici differiscono perché nel primo (Figura 6) vengono presi in considerazione i soli collaboratori di Bologna, mentre nel secondo (Figura 7) vengono considerati tutti i collaboratori di un particolare lavoro di ricerca. Si noti come le due curve siano consistenti con quelle riportate in letteratura, riferite però a dataset inerenti a discipline specifiche, a giornali o a conferenze. Questo è un indice del fatto che le modalità di collaborazione in rapporto alla produttività sono consistenti anche selezionando gli autori e le pubblicazioni di una specifica organizzazione come fonte di dati.

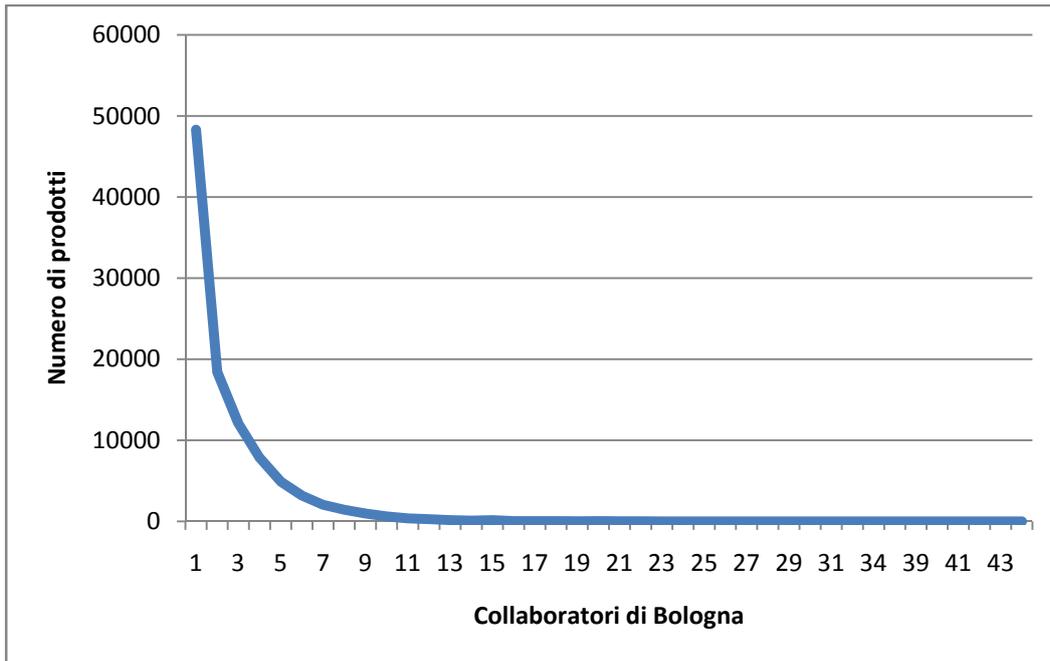


Figura 6 - Produttività e Collaborazione (Bologna)

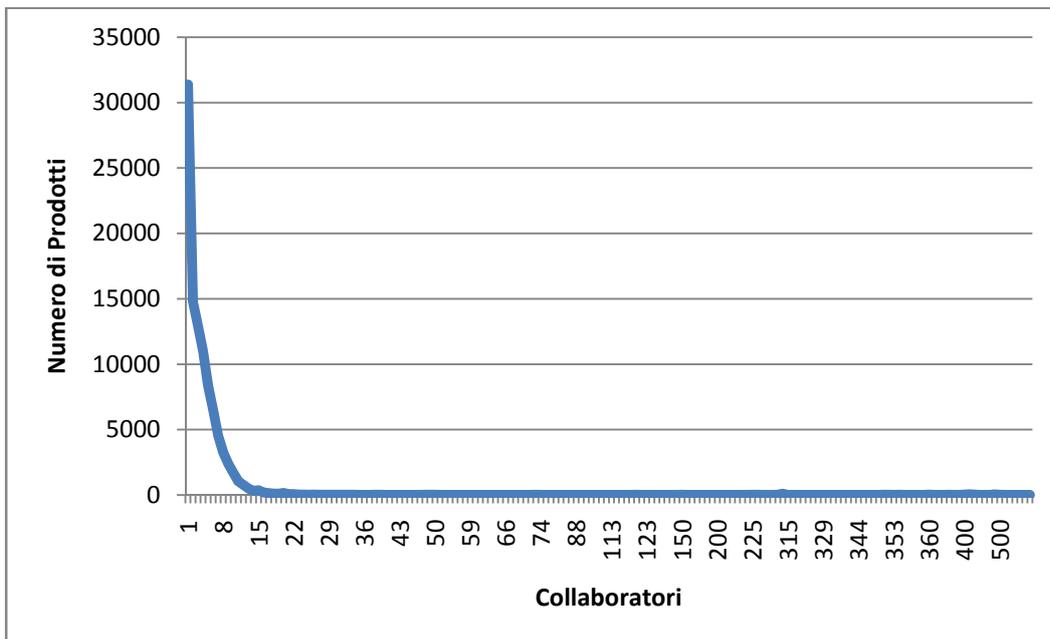


Figura 7 - Produttività e Collaborazione

Tabella 11 - Collaborazioni nei lavori di Ricerca

CO-AUTHORSHIP					CO-AUTHORSHIP DI BOLOGNA				
Moments					Moments				
Mean	5,47224				Mean	2,5163514			
Std Dev	24,594279				Std Dev	2,3359652			
Std Err Mean	0,0772401				Std Err Mean	0,0073359			
upper 95% Mean	5,6236297				upper 95% Mean	2,5307296			
lower 95% Mean	5,3208504				lower 95% Mean	2,5019732			
N	101387				N	101398			
Confidence Intervals					Confidence Intervals				
Parameter	Estimate	Lower CI	Upper CI	1-Alpha	Parameter	Estimate	Lower CI	Upper CI	1-Alpha
Mean	5,47224	5,32085	5,62363	0,950	Mean	2,516351	2,501973	2,53073	0,950
Std Dev	24,59428	24,4877	24,7018		Std Dev	2,335965	2,325843	2,346177	

I dati presentati in Tabella 11 si riferiscono a tutti i prodotti della ricerca inseriti nelle basi dati dell'Ateneo di Bologna dal 1997 al 2007 (circa 100.000) e considerano la distribuzione del numero di autori per prodotto. I dati medi che emergono dall'analisi fanno emergere uno spunto interessante, infatti se la media di collaborazione sui lavori in generale, ovvero considerando tutti gli autori del prodotto di ricerca inclusi gli esterni, è di circa 5,5 autori, nel caso in cui si restringa il campione ai soli autori appartenenti all'organizzazione emerge che la media di collaboratori è 2,5. Questi risultati sono consistenti con quelli proposti in letteratura (Beaver 2001) e giustificano la scelta del campione su base organizzativa. Per quanto riguarda la moda, che è il parametro che si ritiene maggiormente significativo per caratterizzare quanti ricercatori "in genere" collaborano su un lavoro di ricerca, il numero di collaboratori risulta essere 2 sia considerando tutti gli autori che considerando gli autori dell'Ateneo di Bologna, la mediana, invece, si differenzia e risulta essere 3 per quanto riguarda la collaborazione in generale e a 2 per l'Ateneo. Questo risultato completa quello proposto da Beaver (2001), che guardando ai soli dati delle conferenze aveva concluso che nel tempo la moda della collaborazione si era spostata da 2 ricercatori verso valori più consistenti, senza fornire interpretazioni convincenti. Questa conclusione viene integrata da quanto emerge da questo studio, in quanto si verifica che nel caso di collaborazioni interne ad un'organizzazione la moda rimane 2, ovvero la diade rimane l'unità fondamentale della collaborazione. Una possibile

spiegazione che comprenda il risultato di Beaver e quanto raggiunto in questo studio è la sempre più capillare diffusione delle Information and Communication Technology, che favoriscono la collaborazione a distanza, garantendo che collaborazioni forti all'interno di un'organizzazione si alleino funzionalmente ad altri autori all'esterno.

Scomponendo le medie per anno, come si può notare in Figura 8, nel caso generale si hanno delle oscillazioni attorno al valore di 5,5 mentre a livello di organizzazione il valore risulta molto più stabile. Riflettendo su questo parametro si potrebbe essere tentati di supporre che esistano dei fenomeni esterni correlati con il numero di autori nei lavori di ricerca, mentre a livello organizzativo l'unità di collaborazione risulti essere molto più robusta e non risenta di questi fenomeni. In realtà, sebbene la raccolta dei dati sia un processo con verifiche ex-post e un campione di 100.000 prodotti sia da ritenersi affidabile, la modalità con cui il campione è costruito (un database interno all'università di Bologna) fa sì che nel seguito si consideri come affidabile il dato che si riferisce a Bologna.

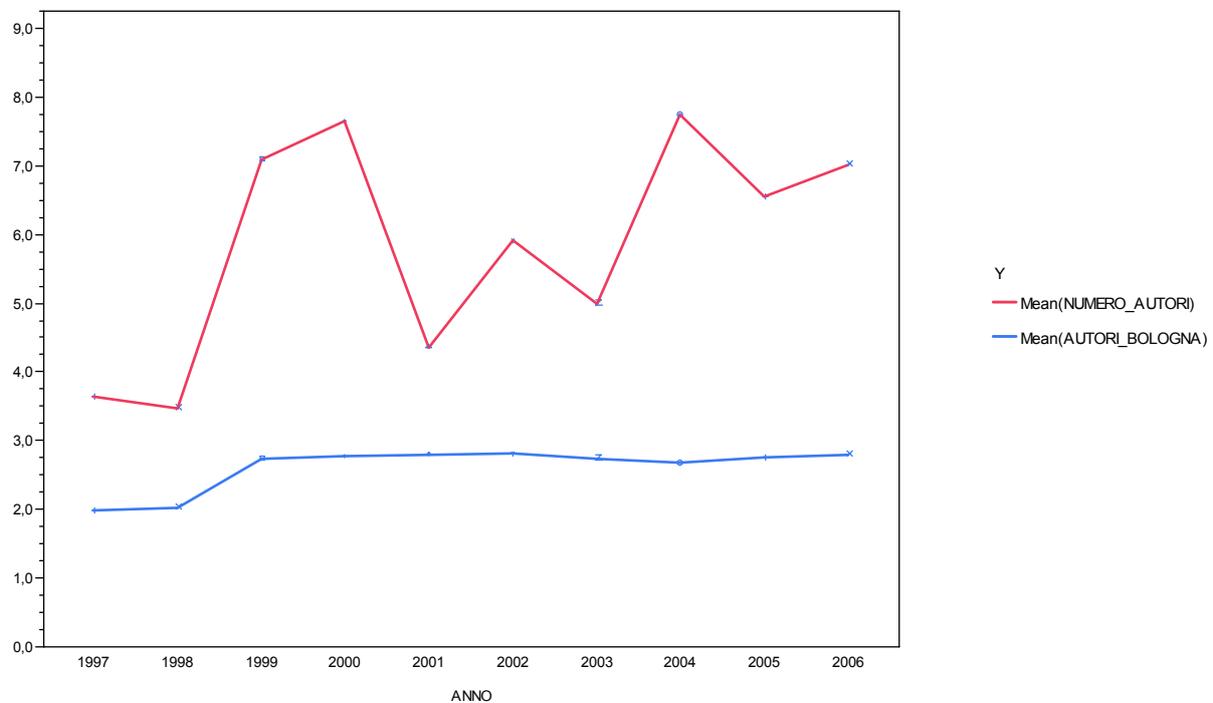


Figura 8 - Media di collaboratori per prodotto

Nel seguito si suddivide l'analisi per tipologia di prodotto (Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12). Si riportano le categorie più significative.

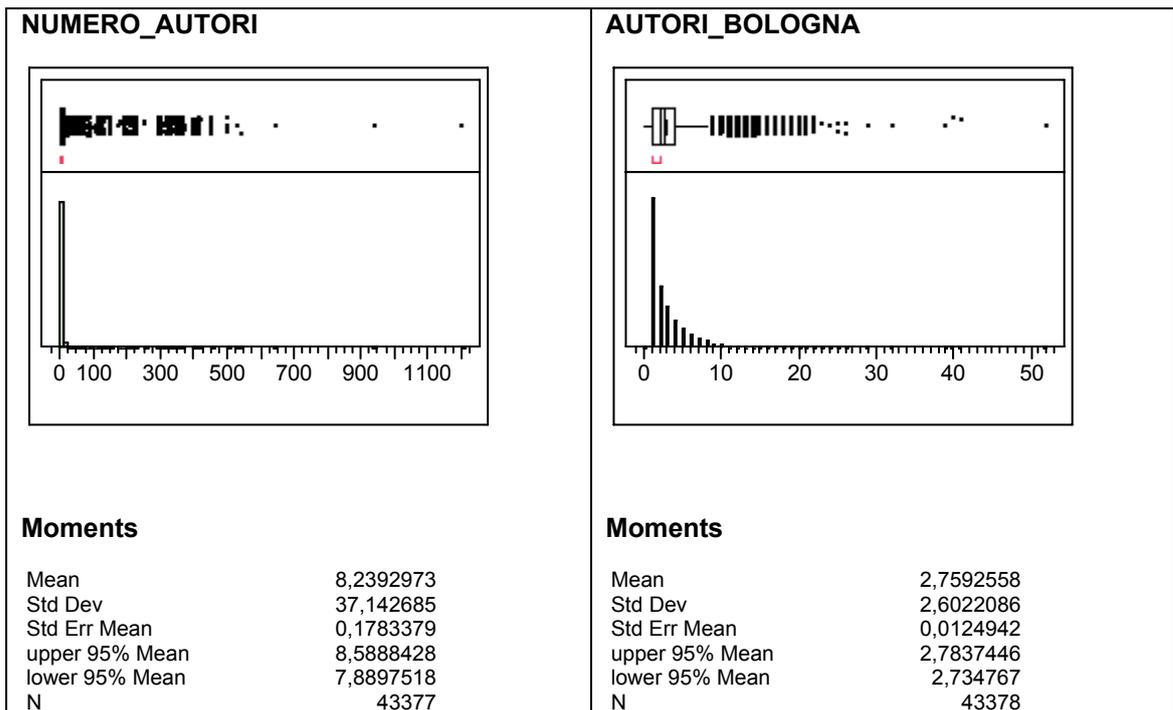


Figura 9 - Collaborazioni su Articoli

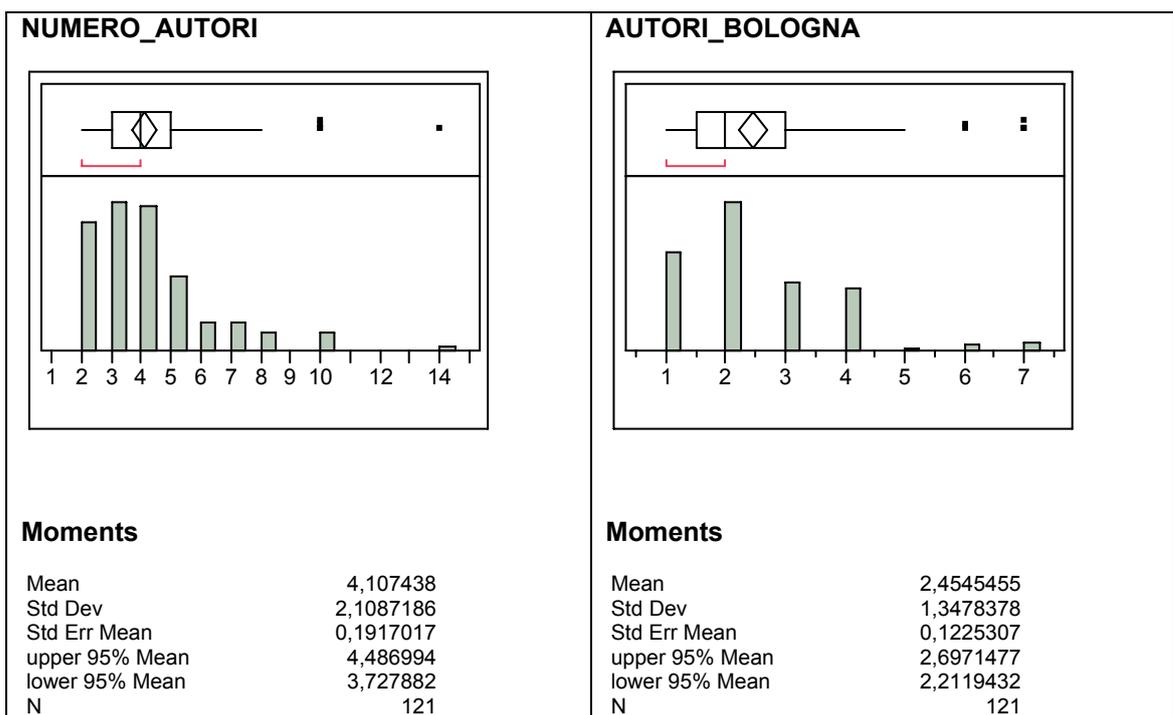


Figura 10 - Collaborazioni su Brevetti

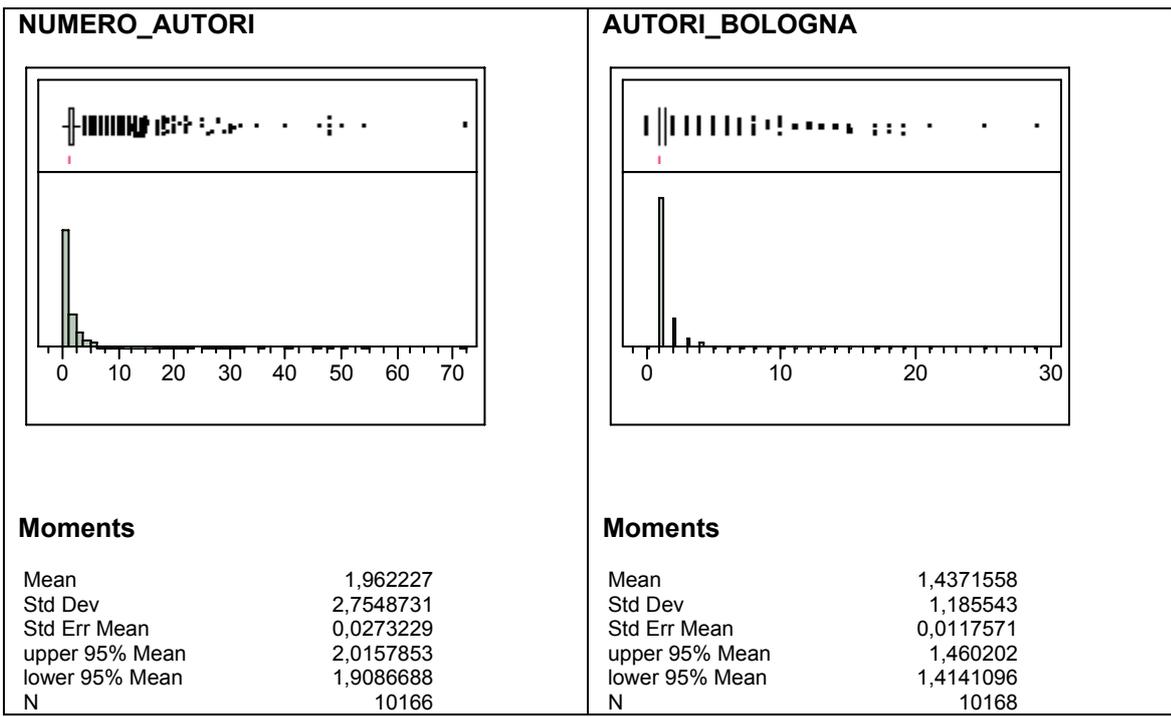


Figura 11 - Collaborazioni su capitoli di libro

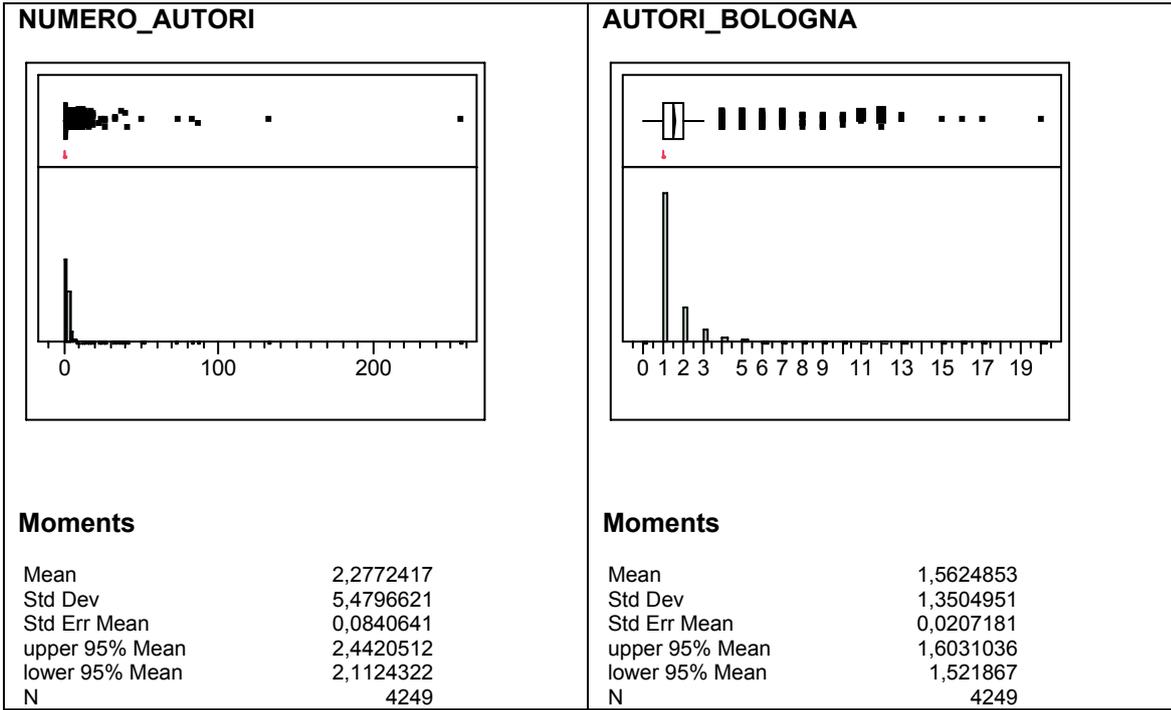


Figura 12 - Collaborazioni su Monografie e trattati scientifici

La raccolta dei dati (strumenti)

Durante questo studio sono state usate principalmente due tecniche di raccolta dati: analisi delle collaborazioni sulle pubblicazioni estratte da un archivio alimentato dai ricercatori stessi e loro performance; interviste semi-strutturate ad alcuni ricercatori.

Nel network non si è distinto a livello di legame tra le diverse tipologie di contributo (articolo in rivista, contributo in volume, atti di convegno...) perché l'interesse è quello di definire le connessioni sociali più che la tipologia di collaborazione.

Il modello di valutazione adottato parte dalla classificazione dell'Osservatorio della Ricerca opportunamente normalizzata, che si basa sulla tipologia del prodotto, e su alcune caratteristiche inerenti al prodotto stesso (rivista...) e vi assegna un punteggio in trentesimi così definito:

Tabella 12 - Punteggio assegnato ai lavori di ricerca

ID Macro Tipologia	ID Tipologia	Descrizione	Valore
1	1	Monografie e trattati scientifici	30
1	2	Concordanze, indici, bibliografie, pubblicazione di fonti inedite	6
1	3	Traduzioni	4
1	4	Edizioni critiche	28
2	1	Relazioni	6
2	2	Riassunti (abstract)	1
2	3	Traduzioni	2
3	1	Relazioni	6
3	2	Riassunti (abstract)	1
3	3	Traduzioni	2
4	1	Capitoli di libro	20
4	2	Voci di enciclopedia	20
4	3	Prefazioni e brevi introduzioni	1
4	4	Traduzioni	4

5	1	Articoli ¹³	30
5	3	Note a sentenza	15
5	4	Recensioni	6
5	5	Repliche, commenti e simili	1
5	6	Traduzioni	4
6	1	Carte tematiche e geografiche	20
6	2	Carte geologiche	20
6	3	Prodotti dell'ingegneria civile e dell'architettura, con documentato valore di ricerca	20
6	4	Applicazioni software o prodotti multimediali originali, con documentato valore di ricerca	20
7	1	Ideazione, progettazione, ordinamento di manifestazioni a carattere artistico, espositivo, scientifico, spettacolare e tecnologico (documentate da rassegna stampa)	20
7	2	Cura di atti, di volumi miscelanei, di cataloghi, di enciclopedie	12
7	3	Direzione/Responsabilità di riviste	6
7	4	Direzione di collane scientifiche	6
7	5	Coordinamento di progetti di ricerca internazionali e nazionali (PRIN, FIRB etc)	1
7	6	Direzione di scavi archeologici	12
8	1	Brevetti	6
9	1	Prodotti artistici e spettacolari (documentati da rassegna stampa)	6

L'attribuzione di questi pesi è frutto dell'analisi della letteratura, delle interviste ai ricercatori e della collaborazione con il Servizio monitoraggio e Supporto alla Valutazione della Ricerca dell'Area della Ricerca dell'Università di Bologna¹⁴.

¹³ Il caso degli Articoli è da considerare a se, perché il punteggio finale tiene conto anche dell'IF della rivista.

¹⁴ Si ringrazia Claudia Serra, dell'Università di Bologna per il supporto, il confronto e il prezioso contributo interpretativo dei fenomeni oggetto di questo studio.

In letteratura il problema della valutazione quantitativa della performance del ricercatore è stato ampiamente dibattuto, e in particolare la questione di come dare credito ai singoli autori del valore dell'articolo, se questo è stato scritto in collaborazione.

Una corrente di pensiero, che ha come capofila Lindsey (1980), attribuisce il punteggio ottenuto dalla pubblicazione in modo opportunamente normalizzato a seconda del numero di autori, dove il punteggio di ogni autore è diviso per il numero di autori all'interno del singolo articolo (Athey et al. 2000; Batista et al. 2006; Durden et al. 1995; Huang et al. 2005; Pravdić et al. 1986). Ad esempio se un articolo vale 30 punti ed è stato scritto da tre autori, ogni autore guadagna 10 punti. Un'altra corrente di pensiero, antagonista alla precedente, che ha come rappresentante Long (1982), ritiene che non sia corretto suddividere il valore della pubblicazione tra i co-autori, ma che ad ognuno sia da attribuire tutto il valore dell'articolo, oppure che l'articolo sia da attribuire solo al primo autore (Herbstein 1993; Lee et al. 2005).

Un approccio alternativo è quello proposto da Trueba e Guerrero (2004), che parte dai presupposti di Lindsey, ma che è volto a considerare anche l'ordine in cui vengono inseriti gli autori in un lavoro di ricerca. La formula che permette il calcolo del parametro è la seguente:

$$W_F = \frac{2n - p + 2}{n(n + 1)} * \frac{2}{3} * (1 - f) + c_i * f$$

Dove n è il numero di coautori dell'articolo, p è la posizione dell'autore considerato, f indica la percentuale da assegnare direttamente e c_i è un coefficiente correttivo che viene valorizzato solo per gli autori più importanti del lavoro (gli autori suggeriscono i primi 2 e l'ultimo basandosi sulla letteratura). I coefficienti devono essere definiti in modo che $0 < f < 1$ e $\sum c_i = 1$. Sulla base di valutazioni empiriche gli autori hanno posto $f=1/3$, $c_1=0,6$ e $c_1=c_2=0,2$.

Per il corrente studio, dato che gli autori più importanti sono quelli che appartengono all'università di Bologna, è stata modificata la parametrizzazione sopra prevista ponendo $f = \frac{1}{2}$ e $c_i = \frac{1}{b}$ dove b è il numero di autori di Bologna. La formula sopra riportata viene dunque così modificata:

$$W_F = \frac{2n - p + 2}{n(n + 1)} * \frac{1}{3} + \frac{1}{2b}$$

Per ciascun ricercatore, e per ogni periodo, viene quindi calcolato la performance assoluta P_A , ottenuta come:

$$P_A = \sum_{i=0}^k \pi_i * W_{F_i}$$

Dove k è il numero delle pubblicazioni che il ricercatore ha firmato nel periodo, π_i è il punteggio della specifica pubblicazione i e W_{F_i} è il coefficiente che tiene conto del numero di autori e della posizione come co-autore.

Per ogni dipartimento e per ogni anno il valore di Performance Assoluta P_A di ogni ricercatore viene normalizzato rispetto a tutti i P_A degli altri ricercatori appartenenti al medesimo dipartimento calcolando il rango percentile di quel valore rispetto all'insieme dei dati e riportando il valore in centesimi. Questo calcolo, necessario per l'omogeneità dei valori sui diversi anni, assume che i valori di performance dei ricercatori che appartengono ad un dipartimento siano comparabili fra loro. In realtà, nel modello statistico implementato in SIENA, questo vincolo è rilassato, in quanto nell'evoluzione del network non viene considerata la performance di tutto il dipartimento, ma solamente quella inerente ai legami di ego, pertanto i valori di performance devono essere comparabili tra loro solamente in un subset ristretto del dipartimento, equiparabile al gruppo di ricerca.

L'approccio considerato è in linea con quanto proposto dal CIVR per la VTR (Valutazione Triennale della Ricerca) del 2001-2003 che proponeva il concetto di "grado di proprietà" di un lavoro di ricerca, ovvero supponeva che fosse determinante per la valutazione di una struttura la quota parte del lavoro che poteva ascrivere ad una collaborazione diretta all'interno della struttura stessa attraverso i ricercatori afferenti. Questa modalità pone un interessante prospettiva rispetto alla generalizzabilità dei risultati di questo studio, in quanto sarebbe tecnicamente pensabile, avendo i dati di una comunità disciplinare e l'afferenza alle strutture valutare quanto un lavoro di ricerca impatta sull'evoluzione di network diversi e normalizzare i punteggi ottenuti non rispetto al gruppo di ricerca ma rispetto ad una comunità omogenea, ottenendo una maggiore confrontabilità dei risultati.

Ulteriori dati sono stati raccolti attraverso interviste semi-strutturate (Spradley 1979; Wengraf 2001), volte principalmente a circostanziare l'ambito della collaborazione tra i ricercatori, a contribuire alla formulazione di alcune ipotesi sorte durante il lavoro e a rafforzare alcuni dei risultati preliminari raggiunti (Vignoli 2007a; Vignoli 2007b).

Le interviste semi-strutturate sono state sottoposte ad alcuni ricercatori dei dipartimenti selezionati, ai quali sono state rivolte questioni riguardanti il loro background, il loro concetto di collaborazione e le modalità di formazione dei gruppi. Le interviste non hanno seguito rigidamente la struttura riportata, ma si sono svolte come una conversazione riguardo alla collaborazione, alle sue caratteristiche e al suo legame con la performance.

Di seguito si riportano in tabella le principali dimensioni oggetto di indagine e i riferimenti bibliografici¹⁵.

¹⁵ Il questionario è stato svolto in collaborazione con il Progetto Professor Networking dell'Università di Bologna e viene qui presentato in forma ridotta, inserendo gli item rilevanti per la ricerca oggetto di questa tesi.

Tabella 13 - Domande dell'intervista semi-strutturata

Item	Modalità	Fonte
Disponibilità a comunicare e ad ascoltare	Importanza Utilità Competenza	
Favorire la collaborazione	Importanza Utilità Competenza	
Condividere le proprie conoscenze, informazioni risorse	Importanza Utilità Competenza	
Sviluppare la rete di relazioni	Importanza Utilità Competenza	
Condividere problemi e obiettivi con il proprio gruppo di lavoro	Importanza Utilità Competenza	
Modalità comunicative di relazione	Lista di valori con scala Likert a 5 valori	
Contesti abituali di relazione	Lista di valori con scala Likert a 5 valori	
Informazioni utili per selezionare un collaboratore	Lista di valori con scala Likert a 5 valori	
Significato di collaborazione nella ricerca	Lista di valori con scala Likert a 5 valori	
Motivazione di una collaborazione	Domanda Aperta	(Beaver 2001)
Modalità di avvio di una collaborazione	Domanda Aperta	(Beaver 2001)
Attitudine interna o esterna per la collaborazione	Selezione multipla	

Quante persone sono in generale coinvolte nella collaborazione?	Domanda Aperta	(Beaver 2001)
Come si riconosce il lavoro svolto in una collaborazione?	Domanda Aperta	(Beaver 2001)
La collaborazione impatta la produttività del singolo?	Domanda Aperta	(Beaver 2001)
Selezione delle tipologie di pubblicazione che rappresentato meglio una collaborazione	Lista di valori con scala Likert a 5 valori	

Alla fine del questionario è stato richiesto all'intervistato di nominare le persone interne all'Ateneo di Bologna con cui collabora e gli è stato mostrato il suo ego network estratto dai dati oggetto di questo lavoro di tesi, allo scopo di controllare che la rete costruita con i dati sulle co-authorship rispecchiasse il gruppo di ricerca.

L'intervista ha seguito solo in parte il frame work teorico, in quanto molte delle domande sono scaturite dall'analisi dei dati e avevano lo scopo di chiarire le questioni che si erano aperte. Le interviste hanno avuto una durata che va da 45 a 75 minuti e sono state condotte nell'ufficio del ricercatore. Le interviste sono state tutte registrate e successivamente trascritte, integrandole con le note che erano state compilate durante il colloquio.

Le interviste quindi avevano lo scopo di chiarire il valore che i ricercatori attribuiscono ai legami di co-authorship e ad identificare quali altri dati possono essere analizzati per identificare la collaborazione.

I dati rappresentati in questo studio sono unici, in quanto si basano su un'unica organizzazione, contrariamente alla maggioranza dei lavori che considerano una conferenza o un periodico, e si estendono longitudinalmente per molti anni, dando conto dell'evoluzione dei gruppi di ricerca.

Molte delle sfide nell'ottenere un dataset di qualità nascono dalla difficoltà di ottenere dati inerenti ad una rete sociale sufficientemente larga, realisticamente connessa, contenente una significativa collezione di gruppi esplicitamente identificati e con una sufficiente risoluzione temporale da consentire di tracciarne l'evoluzione a livello del singolo attore.

In aggiunta, ottenere dati a livello di gruppi di ricerca non è affatto semplice, infatti i dati a livello di ricercatore sono facilmente disponibili, mentre non vi sono fonti diffuse che mappino i gruppi di ricerca. L'unica possibilità di studio delle caratteristiche bibliometriche dei gruppi di ricerca con dati esterni è quella di utilizzare le informazioni sull'indirizzo dell'organizzazione di appartenenza del singolo ricercatore. Ovviamente queste informazioni non sono sufficienti a caratterizzare un gruppo di ricerca, in quanto l'indirizzo potrebbe caratterizzare più di una struttura ed essere presente in maniera multiforme (van Raan 2005).

Il modello statistico: Actor Oriented

Nel seguito verrà presentato il modello statistico utilizzato in questo studio, che è stato utilizzato nella sua implementazione nel software SIENA (Snijders et al. 2007).

Il modello actor-oriented per l'interpretazione dell'evoluzione del network esprime la possibilità da parte degli attori di cambiare il proprio comportamento e i propri legami, in risposta alla struttura di rete corrente e al comportamento degli altri attori all'interno del network ed è definito da un lato dalle valutazioni degli attori e dall'altro dalla frequenza di questi cambiamenti. Il primo aspetto si esprime attraverso la funzione obiettivo (composta di funzione di valutazione, funzione di dotazione ed elemento casuale), il secondo attraverso la funzione di distribuzione nel tempo. Le decisioni che portano ad un cambiamento nei legami all'interno della rete vengono riferite a fenomeni di *social selection*, mentre le decisioni che portano a cambiamenti nelle variabili che descrivono il comportamento vengono riferite a fenomeni di *social influence*.

Al fine di semplificare le procedure di modellazione, e permettere la modellazione attraverso queste due funzioni, vengono utilizzate alcune assunzioni statistiche. Lo spazio degli eventi possibili è formato da tutte le possibili configurazioni di combinazioni di network e comportamenti. In un network di dimensioni medie questo spazio è formato da un numero molto alto di transizioni e, al fine di ridurre il numero di transizioni considerate dal modello, vengono fatte tre assunzioni.

In primo luogo, come sopra anticipato, i cambiamenti tra i momenti di misurazione sono modellati attraverso una catena markoviana a tempo continuo. Questo significa che per ottenere le stime dei parametri, il modello considera una possibile traiettoria che dipende solo dallo stato corrente del network e non dagli stati passati (proprietà di Markov).

In secondo luogo gli attori possono cambiare un solo legame (network micro-step) o un livello della variabile che descrive il comportamento (behavior micro-step) in un determinato istante t , in modo da eliminare i cambiamenti simultanei e modellarli come sequenza di micro eventi.

Infine, gli attori reagiscono ai cambiamenti del network e del comportamento effettuati dagli altri attori, ma senza una negoziazione preventiva, ovvero non viene considerato il caso in cui un attore decida di cambiare un legame nel caso in cui venga modificato il comportamento. Questo caso specifico viene modellato come due micro-steps, rilassando il legame causale. Un accordo del tipo: "scrivo un articolo con te se la tua produttività arriva ad un certo livello" verrebbe modellato con due microstep, il primo che descrive l'aumento di produttività, e il secondo che considera l'evento di co-authorship, non considerando la causalità tra i due eventi contenuta all'interno dell'affermazione.

Si assume che siano disponibili, in due o più momenti di osservazione, i legami e le variabili che descrivono il comportamento per un insieme definito X di attori. Il network viene rappresentato come una variabile dicotomizzata, che indica chi è in relazione con chi, mentre il comportamento viene rappresentato attraverso variabili ordinali discrete.

La funzione di valutazione è il primo elemento della funzione obiettivo ed indica la soddisfazione che l'attore i prova per lo stato concreto x assunto dal network X . Si denota con l'espressione: $f_i(\beta, x)$ dove β è il vettore dei parametri che determinano la funzione e rappresenta l'intensità degli effetti strutturali e/o individuali presi in considerazione dal modello per determinare gli obiettivi e le preferenze dell'attore.

Le principali forze strutturali che possono incidere sulle preferenze degli attori sono le seguenti (Savoia 2007):

Tabella 14 - Principali forze strutturali

densità	propensione a creare legami arbitrari con un qualsiasi altro membro del network, questo effetto si misura attraverso l'outdegree dell'attore e costituisce una sorta di intercetta o effetto di controllo che va sempre inserito nel modello
Reciprocità	inclinazione alla reciprocazione dei legami, cioè a creare un legame con un attore che è legato a noi
transitività	scelta di creare un legame con qualcuno, se questi ha legami con altri attori cui si è già legati, in parole povere si tratta della disposizione a fare amicizia con gli amici degli amici, disposizione che diventa più intensa all'aumentare del numero delle amicizie comuni
equilibrio	tendenza a creare legami con attori strutturalmente simili, cioè attori con cui si condividono altri legami, questo effetto si basa sul concetto di equivalenza strutturale
legami indiretti (o attori a distanza due)	disposizione ad avere uno o più intermediari nel rapporto con gli altri, cioè a interrompere un legame con un attore se è possibile raggiungerlo attraverso almeno un altro attore cui si è legati e che è legato ad esso (a differenza della transitività, in questo caso il numero dei legami indiretti è irrilevante, l'importante è la possibilità in sé di raggiungere indirettamente l'altro)
popolarità degli altri	tendenza a creare legami con attori cui tanti membri del network sono legati, cioè con attori che hanno un indegree alto
attività degli altri	inclinazione a creare legami con attori legati a tanti membri del network, cioè con attori che hanno un outdegree alto
chiusura circolare	propensione a creare legami che chiudano cerchi di tre attori e permettano di evitare rapporti gerarchici
Betweenness	scelta di creare legami che diano la possibilità di fare da intermediario tra attori che non sono collegati tra loro

Transitività, equilibrio e attori a distanza due rappresentano tre modi leggermente diversi di misurare la chiusura strutturale, i primi due esprimono direttamente l'idea, il terzo è un indicatore negativo di tale chiusura. I tre effetti hanno una forte covarianza e per non rendere il modello ridondante, si può inserire quello che meglio rappresenta il meccanismo di chiusura nel gruppo osservato, testandoli alternativamente.

Alle forze endogene del network si possono aggiungere effetti – sia semplici sia composti – collegati alle caratteristiche degli attori. I più comuni sono i seguenti:

Tabella 15 – Parametri collegati alle caratteristiche degli attori

similarità		inclinazione a creare legami con attori simili a noi, cioè con attori con cui si ha un attributo individuale in comune (ad esempio il titolo di studio), si tratta della tendenza alla selezione omofila
similarità per reciprocità		scelta di reciprocare legami con attori simili a noi, questo effetto composto unisce una forza collegata alle caratteristiche dell'attore e una forza strutturale, in pratica si misura l'importanza dell'omofilia per la tendenza alla reciprocazione
caratteristica degli altri		scelta di creare o interrompere legami con i membri del network in base ad un loro attributo individuale, si tratta dell'effetto delle caratteristiche degli attori sulla loro popolarità (indegree)
caratteristica di ego		scelta di creare o interrompere legami con i membri del network in base ad un proprio attributo individuale, si tratta dell'effetto delle caratteristiche degli attori sulla loro attività (outdegree)

Le caratteristiche degli attori possono essere attributi individuali, come l'età o il titolo di studio, oppure relazioni – sia simmetriche sia asimmetriche – tra le singole coppie ordinate di attori, ad esempio la distanza chilometrica o il rapporto gerarchico all'interno di un'azienda. Per gli attributi relazionali è possibile misurare l'importanza dell'effetto della forza di una relazione per la probabilità di un legame arbitrario e per la reciprocazione.

Il modello simula la possibilità dell'attore i al tempo t di cambiare una relazione all'interno del network, il quale valuta la nuova configurazione e la propria posizione al suo interno dopo aver cambiato la relazione con un generico attore q . Viene calcolata questa valutazione per ogni membro del network e viene scelto l'attore j e la configurazione della relazione x_{ij} che gli offrono la soddisfazione maggiore. In altre parole, la funzione di valutazione esprime la distribuzione delle preferenze dell'attore i per le diverse configurazioni possibili del network e suppone che l'intento dell'attore sia quello di massimizzare tale funzione.

La funzione di dotazione è la seconda componente della funzione obiettivo ed indica la diversa gratificazione provata dall'attore i per la creazione e per l'interruzione del legame x_{ij} . Si denota con l'espressione

$$g_i(\gamma, x, j)$$

Un determinato effetto può avere un'intensità diversa a seconda che si tratti della creazione di un nuovo legame oppure dell'interruzione di un legame esistente: spesso quest'ultima determina la perdita di tutto ciò che un attore ha investito in termini di tempo ed energie in un rapporto (Van De Bunt et al. 1999). La funzione di valutazione non è in grado di dare conto di questa differenza.

Per comprendere la disparità valutativa tra creazione e interruzione di un legame si può pensare alla reciprocità. Rispetto alla creazione di un nuovo legame arbitrario, la reciprocazione di un legame esistente offre un vantaggio perché è meno rischiosa e le incognite sono minori, tuttavia la reciprocità assume un'importanza ancora maggiore per l'interruzione di un legame esistente. Applicando questo concetto alla collaborazione scientifica un ricercatore A può preferire la collaborazione con un ricercatore B con il quale ha già collaborato in passato e si è trovato bene, piuttosto che con un ricercatore C con cui non ha avuto esperienza, però anche collaborare con C è pensabile e non comporta svantaggi. Guardandola però da un altro punto di vista, avendo collaborato con B (da lungo tempo) e C (in modo occasionale), ad A costerebbe molto meno interrompere il legame con C che quello con B.

γ è il vettore dei parametri che determinano la funzione di dotazione e rappresenta l'entità della differenza tra la creazione e l'interruzione di un legame. Potenzialmente tale differenza si può calcolare per tutti gli effetti inseriti nella funzione di valutazione, in pratica i casi in cui ha senso applicarla sono i seguenti:

- a. reciprocità;
- b. legami indiretti o attori a distanza due;
- c. similarità.

È impossibile rappresentare perfettamente la struttura preferenziale. Inoltre, sull'utilità futura delle diverse configurazioni del network per l'attore i possono influire fattori esterni, come le scelte degli altri attori. Per questo motivo la funzione obiettivo prevede anche una componente casuale ε_i che rappresenta le forze non modellate e si assume indipendente e identicamente distribuita per tutti gli attori, per tutte le configurazioni possibili del network e per tutti i microsteps nel tempo. La rappresentazione matematica completa della nuova situazione è data dall'espressione:

$$f_i(\beta, x(i \rightsquigarrow j)) + g_i(\gamma, x, j) + \varepsilon_i(t, x, j)$$

dove $i \rightsquigarrow j$ indica il cambiamento dello stato del legame dell'attore i con l'attore j .

La funzione di distribuzione nel tempo (rate function) indica la frequenza con cui l'attore i può cambiare qualcosa nei suoi legami in uscita nei periodi tra i singoli momenti di osservazione e si denota con l'espressione:

$$\lambda_i(\rho_m, \alpha, x)$$

La funzione dipende dal tasso generico di cambiamento del periodo e dalle caratteristiche individuali e di rete degli attori. Il tasso di cambiamento è dato dalla media dei legami che gli attori cambiano tra due momenti di osservazione successivi. Nel caso più semplice le caratteristiche individuali non sono prese in considerazione, la funzione di distribuzione nel tempo resta costante nell'arco dell'intero periodo tra due momenti di osservazione successivi ed è determinata unicamente dal periodo, pertanto diviene:

$$\lambda_i(\rho_m) = \rho_m$$

Come l'effetto di densità nella funzione di valutazione, i tassi generici di cambiamento di tutti i periodi tra i singoli momenti di osservazione rappresentano un'intercetta e vanno sempre inseriti nel modello.

Se le caratteristiche degli attori sono rilevanti, il numero di cambiamenti nei legami varia anche da un attore all'altro, dove α è il vettore dei parametri che rappresentano tali caratteristiche, che si possono riassumere come segue:

- a. effetto degli attributi individuali di un attore sulla possibilità che esso ha di cambiare i propri legami;
- b. importanza della posizione o situazione di un attore all'interno della rete per la frequenza dei cambiamenti nei suoi legami:
 - popolarità (misura il nesso tra l'indegree degli attori e la frequenza dei cambiamenti nei legami);
 - attività (misura il nesso tra l'outdegree degli attori e la frequenza dei cambiamenti nei legami);
 - reciprocità (misura la tendenza degli attori con tanti legami reciproci a cambiare i propri legami rispetto a coloro che ne hanno pochi).

In un gruppo di ricerca, ad esempio, uno scienziato che dirige un laboratorio (caratteristica individuale) può cambiare collaboratori molto più spesso di uno scienziato che non controlla le apparecchiature; anche un ricercatore che ha molte collaborazioni diversificate (caratteristica di rete) ha più possibilità di cambiare collaboratori rispetto ad un ricercatore che ha poche collaborazioni.

Tenendo presente che la componente casuale della funzione obiettivo non si modella poiché esprime la parte residua o non spiegata delle preferenze dell'attore e si assume indipendente sia dal momento di osservazione sia dall'attore, nel caso semplificato in cui gli attributi degli attori non siano rilevanti per la frequenza dei cambiamenti nei legami nell'intervallo tra due momenti di osservazione successivi e non ci sia differenza di utilità tra un legame creato e uno interrotto, la specificazione del modello si limita agli effetti relativi alla soddisfazione degli attori per la struttura del network e al tasso generico di cambiamento. In pratica, la funzione obiettivo si riduce alla sola funzione di valutazione mentre la funzione di distribuzione nel tempo diventa costante nell'intervallo tra due momenti di osservazione successivi; le rispettive formule sono riportate nella colonna per il modello ridotto della Tabella 16

Tabella 16 - Modello completo e ridotto per l'evoluzione del network (Savoia 2007; Steglich et al. 2004)

	Modello completo	Modello ridotto
Funzione obiettivo	$f_i(\beta, x(i \rightsquigarrow j) + g_i(\gamma, x, j) + \varepsilon_i(t, x, j)$	$f_i(\beta, x(i \rightsquigarrow j)$
Funzione di distribuzione nel tempo	$\lambda_i(\rho_m, \alpha, x)$	ρ_m

I due parametri stocastici riferiti alla struttura preferenziale degli attori esprimono la soddisfazione per lo stato attuale del network (β) e la gratificazione dovuta ai cambiamenti specifici che hanno portato a tale stato (γ), i due parametri relativi alla frequenza con cui gli attori operano i cambiamenti rappresentano il tasso generico di cambiamento (ρ) e le caratteristiche degli attori (α).

Queste funzioni dipendono, come in ogni modello statistico, da un numero sconosciuto di parametri, che devono essere stimati a partire dai dati. Quando si modellano i dati di rete longitudinali in questa prospettiva, è necessario procedere incrementalmente aggiungendo effetti al vettore dei parametri $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_N)$.

Recentemente, dato che molti network non sono orientati, è stato pensato ad un modello che estende quello per i network orientati appena presentato, in modo da non considerare la direzione della relazione. Questo modello presenta statistiche più semplici ma una dinamica più complicata da modellare, perché sono coinvolti due attori nella costruzione o nell'eliminazione del legame (Snijders et al. 2007).

La relazione viene rappresentata da una matrice di adiacenza X , dove la variabile X_{ij} è uguale alla variabile X_{ji} e assume i valori 1 nel caso in cui vi sia una relazione tra gli attori i e j o 0 negli altri casi. Si assume che il processo di costruzione/eliminazione di un legame avvenga in due fasi: la prima fase è rappresentata dall'opportunità di cambiare una variabile di legame X_{ij} ; questa fase può avvenire in qualsiasi istante tra le osservazioni. La seconda fase rappresenta la decisione interdependente dell'attore i o dell'attore j , questa fase avviene dopo la prima, in un qualsiasi istante tra le osservazioni.

Nella prima fase, che specifica il momento stocastico in cui una variabile X_{ij} può cambiare, si possono modellare due opzioni:

- A. iniziativa unilaterale: un attore, denominato i , propone il cambiamento della relazione X_{ij}
- B. opportunità bilaterale: una coppia di attori, denominata (i, j) , si incontra e decide del cambiamento della relazione X_{ij}

Il momento in cui questo avviene costituisce un processo stocastico temporale continuo:

- A. per l'attore i , l'opportunità avviene al tasso λ_i

B. per la coppia (i,j) , l'incontro avviene al tasso $\lambda_i\lambda_j$

La funzione di distribuzione nel tempo (rate function) può anche essere considerata costante – come nel modello semplificato – ma potrebbe dipendere anche da variabili covarianti o dalla posizione nel network. Nel modello A, quando l'iniziativa è unilaterale, la funzione di distribuzione nel tempo è comparabile a quella del modello orientato sopra trattato. Nel modello B, viceversa, la coppia di attori è scelta ad un tasso che è il prodotto delle funzioni di distribuzione nel tempo λ_i e λ_j per i due attori, comportando una diversa interpretazione numerica dei risultati.

Nella seconda fase, dopo che si è presentata un'occasione di cambiamento, gli attori decidono del cambiamento dei loro legami, in funzione delle loro preferenze, dei costi e dei vincoli: questo si riassume in una funzione obiettivo analoga a quella sopra definita. Le differenze nelle funzioni obiettivo dei due attori sono permesse solo quando sono spiegate dalle variabili covarianti.

Si possono pensare a tre diversi modi di combinare gli obiettivi dei due attori:

1. Imposizione unilaterale del legame (disgiuntivo)
2. Mutuo accordo per l'esistenza del legame (connettivo)
3. Vantaggio per un attore e perdita per l'altro (compensatorio)

Queste modalità, combinate con le due opzioni della fase uno danno vita a cinque modelli (si esclude il modello A-3 perché ritenuto poco probabile), che non hanno carattere di esaustività.

- A1. Modello forzato: un attore i prende l'iniziativa, sceglie il cambiamento migliore possibile e impone unilateralmente che questo cambiamento avvenga.
- A2. Iniziativa unilaterale e conferma reciproca: un attore i prende l'iniziativa e sceglie il cambiamento migliore possibile; se questo comporta l'eliminazione del legame, questo viene subito eliminato, altrimenti il nuovo legame viene proposto a j , se quest'ultimo attore è d'accordo il legame viene stabilito, altrimenti non succede nulla.
- B1. Modello disgiuntivo accoppiato (forzato): l'attore i e l'attore j si incontrano e riconsiderano il loro legame X_{ij} ; se almeno uno desidera il legame, quest'ultimo viene confermato, altrimenti viene eliminato.
- B2. Modello connettivo accoppiato: l'attore i e l'attore j si incontrano e riconsiderano il loro legame X_{ij} ; se entrambi desiderano il legame, quest'ultimo viene confermato, altrimenti viene eliminato.
- B3. Modello compensatorio accoppiato: l'attore i e l'attore j si incontrano e riconsiderano il loro legame X_{ij} ; sulla base della somma delle loro funzioni obiettivo, valutano la creazione o l'eliminazione del legame.

Per una trattazione più approfondita, soprattutto negli aspetti matematici e statistici, si rimanda ai lavori di Snijders e collaboratori (2001; 2005b; 2007).

I modelli che descrivono l'evoluzione del network e l'evoluzione del comportamento sono integrati perché lo stato corrente del cambiamento continuo del network è il vincolo dinamico

per il cambiamento del comportamento e viceversa. La complessità del modello risultante non permette il calcolo diretto delle sue proprietà, ma il modello può essere implementato in una simulazione computerizzata e i parametri possono essere stimati attraverso una simulazione iterativa con un approccio Markov chain Monte Carlo (MCMC) (Snijders et al. 2006; Snijders 2005b).

Il modello per l'analisi della dinamica del network viene implementato in SIENA (Snijders et al. 2007) e permette di interpretare le trasformazioni delle relazioni di rete nel tempo come risultato dell'azione degli attori, i quali scelgono di creare e interrompere legami con l'intento di migliorare la propria posizione all'interno del network. Le valutazioni degli attori sui legami da creare o interrompere dipendono essenzialmente da considerazioni relative alla soddisfazione e alla gratificazione connesse alla struttura relazionale. È possibile modellare nel sistema l'evoluzione del network come funzione delle scelte relazionali degli attori, determinando la probabilità con cui queste scelte si verificano ed individuando la struttura preferenziale che ne stabilisce il contenuto, cioè specificando quando e cosa cambia all'interno del network. Oltre alle valutazioni preferenziali degli attori il modello considera la frequenza con cui essi operano cambiamenti nella struttura relazionale. Tale frequenza è espressa dalla funzione di distribuzione nel tempo e dipende dal tasso generico di cambiamento ed eventualmente dalle caratteristiche degli attori e/o dalla loro posizione all'interno del network. Allo stesso modo il contenuto delle scelte è definito dalla funzione obiettivo, che prende in considerazione la soddisfazione degli attori per lo stato attuale del network (funzione di valutazione) e la gratificazione derivante dalle scelte specifiche di creazione o interruzione di legami che hanno portato a tale stato (funzione di dotazione). Lo schema interpretativo si basa su alcuni assunti che gli danno un'impronta utilitaristica e limitano l'applicabilità del modello alle sole situazioni che non entrano in contrasto con queste ipotesi di fondo (Steglich et al. 2004).

A questo riguardo all'implementazione del modello actor-oriented che è disponibile attualmente in SIENA presenta alcuni limiti. In primo luogo l'utilizzo della catena di Markov implica che non ci siano influenze sistematiche sull'evoluzione del network e del comportamento del sistema che non siano esplicitamente incluse negli effetti che descrivono il modello, imponendo un'evoluzione del modello che non può basarsi sulla comparazione dei risultati ottenuti con effetti differenti. Anche se questa limitazione è meno restrittiva di quelle che attualmente caratterizzano le altre metodologie di analisi longitudinale, risulta importante studiare la robustezza del modello alle variazioni degli effetti inclusi. Secondariamente, non è prevista dai modelli actor-oriented una metrica standard per confrontare l'ampiezza degli effetti (ad es. R^2), non rendendo possibile la comparazione tra i risultati ottenuti in SIENA e quelli ottenuti con altre metodologie statistiche. Diversamente da quanto accade per tecniche statistiche come la regressione lineare o logistica, l'interpretazione dei parametri stimati da SIENA non è immediata, pertanto può risultare difficile, all'inizio, valutare e comparare l'intensità dei diversi effetti inseriti nella funzione obiettivo.

Inoltre, questi modelli sono limitati a valori dicotomizzati (0-1) per quanto riguarda i legami del network, pertanto non risulta ad oggi possibile caratterizzare l'intensità del legame. Infine, a

causa delle iterazioni necessarie a stimare i valori dei parametri, l'analisi di Network con molti nodi (in generale maggiore di un centinaio) risulta molto onerosa dal punto di vista del calcolo (Burk et al. 2007; Snijders et al. 2007).

Un ulteriore limite, che discende dall'implementazione del modello markoviano in SIENA – ovvero che gli attori possono cambiare un solo legame (network micro-step) in determinato istante t – viene imposto nel caso in cui il network modellato sia un network 2-mode, come ad esempio il caso della co-authorship, dove vi sono gli autori e i prodotti di ricerca collegati tra loro. Se prendiamo ad esempio il network 1-mode degli autori, che viene ottenuto creando al tempo t di pubblicazione del prodotto un legame tra tutti gli autori, nel caso in cui gli attori siano più di due, il modello considererebbe la creazione dei legami in momenti successivi. Ad esempio poniamo che gli autori dell'articolo X siano A,B e C, nella rete 1-mode degli autori, verrebbe creata una tripletta in cui A,B e C sono legati; il modello, invece, considererebbe prima il legame tra A e B, poi il legame tra B e C e infine il legame tra A e C. Da una conversazione privata con gli autori a questo riguardo è emersa la raccomandazione di trattare con SIENA network 2-mode che abbiano un'affiliazione media di 2 attori per evento, in modo da non distorcere i risultati del modello. È attualmente allo studio un modello che supera questa limitazione, e permette di studiare direttamente i network 2-mode, modificando l'algoritmo che considera i micro-step.

I metodi

Questo lavoro di tesi ha applicato un approccio metodologico a triangolazione (Powell et al. 2005) per il test delle ipotesi. In particolare nello studio vengono adottate tre metodologie: la prima è la Discrete-Time Network Visualization, proposta da Powell et. al. (2005), che consiste nella generazione di una serie di immagini della rete in ogni periodo, con indicazione separata dei nuovi nodi e dei nuovi legami e che permette una visione sintetica degli effetti di omofilia e di selezione. La seconda è di natura statistica e si basa sul confronto tra i dati rilevati e quelli inferiti attraverso un processo stocastico markoviano. Quest'ultima metodologia, proposta da Snijders (1996) e implementata nel software SIENA (Snijders et al. 2007), permette di studiare l'evoluzione del network basandosi sulle caratteristiche dei suoi attori e consente di separare il fenomeno della selezione da quello dell'influenza. La terza metodologia è rappresentata dalle interviste semi strutturate, che permettono il confronto con il ricercatore, soggetto di studio, sulle interpretazioni e sui risultati che emergono dagli altri metodi. Anche se le analisi che verranno presentate sono basate su dati derivati da fonti informatiche, le intuizioni rispetto alle questioni da affrontare e alle loro implicazioni derivano dall'esperienza diretta nell'attività di ricerca e dalle interviste svolte sul campo.

Questo tipo di approccio è molto diffuso in letteratura, un esempio di applicazione di questa metodologia mista è il lavoro di Eaton e collaboratori (1999) che usa UCINET (Borgatti et al. 2007) per rappresentare i network di ricercatori nella disciplina che studia il comportamento del consumatore e poi analizza statisticamente il campione. Quest'ultimo viene suddiviso in tre livelli di analisi: la rete, la macro-rete (componente connesso) e 20 micro-reti (ottenute con

procedure di Clustering gerarchico), utilizzando l'indice di correlazione di Pearson per studiare la relazione tra il numero di articoli, il degree centrality, il weighted degree centrality, la betweenness centrality e il numero di articoli ad un solo autore.

In questo studio è stata utilizzata la produttività dei ricercatori, misurata in termini di pubblicazioni scientifiche, moltiplicata per opportuni coefficienti in modo da ottenere un valore paragonabile tra i ricercatori e le discipline, così come sopra descritto. Tale parametro costituisce una delle molteplici dimensioni che rappresentano i criteri di efficacia e performance dei ricercatori e delle unità di ricerca. Non va dimenticato che la produttività scientifica è un concetto multidimensionale e che l'efficacia di un'unità di ricerca è determinata da molti fattori (Dundar et al. 1998). Gli Indicatori e i parametri utilizzati in questo studio rivelano la produttività dei ricercatori, senza fare inferenze sulla qualità intrinseca del lavoro. Si sottolinea che, dato che il network considerato nel modello è incentrato su ego e i suoi collaboratori, gli effetti di distorsione – che certamente sono presenti – nella misura del parametro che rileva performance, hanno carattere sistematico su tutti gli attori e pertanto sono trascurabili.

Nella Discrete-Time Network Visualizations (Powell et al. 2005) viene in generale utilizzato un software – nel caso in esame si è scelto Pajek (Batagelj et al. 2007) – per rappresentare una serie di immagini che fotografano momenti discreti dell'evoluzione del network delle co-authorship. Pajek prevede alcuni algoritmi per la rappresentazione dei network in due dimensioni, che interpretano la rete di collaborazione come un sistema di particelle che interagiscono, dove i nodi si allontanano a meno che i legami non agiscano come molle che richiamano le particelle l'una vicina all'altra. Questo tipo di algoritmi cercano di minimizzare l'energia complessiva del sistema, cercando di ridurre la distanza tra i nodi connessi e di massimizzare la distanza tra quelli disconnessi.

Sono state generate una serie di immagini per ogni dipartimento nel periodo di indagine, rimuovendo gli isolati. La rete è stata fotografata ogni anno, indicando i legami e i nodi che sono variati da periodo a periodo. Per esigenze di visualizzazione è stato computato l'algoritmo di rappresentazione sul network unione di tutti i periodi e non si sono variate le posizioni dei nodi nella serie di immagini.

Questa visualizzazione presenta una vista multi sfaccettata dell'evoluzione del network, che include la crescita nel numero di nodi, i cambiamenti di legami, l'evoluzione dei gruppi e la rappresentazione della disciplina.

Attraverso queste immagini, si vuole studiare l'ipotesi H1, ovvero che il pattern di omofilia prevalga sulla funzionalità e sulle aspettative di status. In particolare le immagini non possono discernere tra i vari pattern ma forniscono al ricercatore una evidenza suggestiva (o prova visiva) della sua esistenza.

Le immagini vengono rappresentate in modo che il colore del nodo rappresenti la disciplina, la dimensione lo status, la forma a rombo i nuovi entranti, mentre il colore del legame rappresenti l'effetto ombra dei legami stessi per cogliere l'effetto del reiterarsi del legame

stesso attraverso nuove pubblicazioni. Pertanto la dimensione del legame è un indice della frequenza di collaborazione.

In particolare, se l'omofilia condizionasse la formazione dei legami, ci si aspetterebbe una serie di immagini differenziate per cluster di colori omogenei. In aggiunta i nuovi nodi che entrano nel network si attaccherebbero ai cluster di uguale colore, ovvero si avvicinerebbero ai nodi che più si accostano alle proprie caratteristiche.

Per controllare l'ipotesi H1a, ovvero che nell'entrata in un gruppo di ricerca l'omofilia sia prevalente rispetto alla funzionalità, verranno considerati gli attachment omofiliaci (come sopra descritti) versus quelli funzionali, che sono volti quindi verso nodi non dello stesso colore.

Per quanto riguarda l'ipotesi H1b, ovvero che nell'entrata in un gruppo di ricerca la collaborazione avviene con individui ad ogni livello di status, si controllerà che l'attachment avvenga con nodi di ogni dimensione e non sempre con i più grandi (individui ad alto status).

SIENA (Snijders et al. 2007) è implementato in StOCNET (Boer et al. 2003), un sistema open source per l'analisi statistica avanzata, che è strutturato in cinque procedure logicamente sequenziali che permettono di inserire i dati, trasformarli, selezionare il subset da analizzare, definire il modello da elaborare e visualizzare i risultati.

I dati da inserire sono relativi a quattro aspetti del network e dei suoi membri. In primo luogo vengono inserite le informazioni inerenti allo stato del network nei diversi momenti di osservazione: per ogni momento si ha una matrice binaria di adiacenza attore per attore. Secondariamente vengono registrati gli attributi individuali degli attori, detti covariate individuali: nel caso di un attributo costante nel tempo si ha un file con una riga per ogni attore e una sola colonna valida per tutti i momenti di osservazione; se invece si tratta di attributi soggetti a variazione nel tempo si ha una colonna per ogni intervallo tra due momenti successivi di osservazione. Per essere modellate correttamente in SIENA, le covariate devono essere ordinali e non semplicemente nominali. In terza istanza vengono codificati gli attributi relazionali degli attori, detti covariate diadiche: essendo relazioni, le covariate diadiche si esprimono attraverso una matrice attore per attore, proprio come la relazione di rete oggetto di studio. Da ultimo vengono formalizzati i cambiamenti nella composizione del network: può darsi che alcuni attori siano presenti solo in determinati momenti di osservazione. Si possono inserire informazioni sull'eventuale entrata e/o uscita dal network degli attori, contenute in un file che ha una riga per ogni attore e quattro colonne relative rispettivamente (1) all'ultimo momento di assenza, (2) alla frazione di entrata dell'intervallo successivo a tale momento¹⁶, (3) all'ultimo momento di presenza, (4) alla frazione di uscita dell'intervallo successivo a tale momento. (Savoia 2007).

¹⁶ Quando non si conosce con esattezza il momento di entrata il valore meno distorto è 0,5. Lo stesso vale anche per la frazione di uscita in colonna (4)

Definiti i file su cui il programma deve eseguire i calcoli e selezionata l'applicazione che si intende usare, cioè SIENA, si specificano i dati e il modello.

Per quanto concerne la specificazione dei dati, SIENA ha bisogno di sapere in che modo combinare e utilizzare i dati importati e selezionati: vanno specificate le osservazioni del network (nella giusta sequenza temporale) e le covariate relazionali e individuali (indicando se costanti o variabili) che si vogliono inserire nel modello.

Nel caso in cui si studia l'evoluzione del network e si modella il processo di selezione, tutte le caratteristiche degli attori sono variabili indipendenti, mentre la variabile dipendente è data dalla dinamica stessa del network. Se invece si considera anche il processo di influenza e insieme all'evoluzione del network si analizza l'evoluzione del comportamento degli attori, si indica almeno un attributo individuale soggetto a cambiamento nel tempo come variabile dipendente.

Definiti i dati, si passa alla specificazione del modello: bisogna indicare quali effetti strutturali si vogliono prendere in considerazione per il calcolo. È questa la fase in cui concretamente si decide come definire il modello actor-oriented attraverso il quale si vuole interpretare l'evoluzione del network (ed eventualmente l'evoluzione del comportamento all'interno del network).

In letteratura (Burk et al. 2007; Savoia 2007; Snijders et al. 2007; Steglich et al. 2004) viene suggerita una procedura di *forward selection* di stima dei parametri per stimare il modello finale. Questa procedura, descritta da Snijders et al. (2007), prevede l'esecuzione di tre fasi principali, utilizzando lo *score test* di Neyman-Rao, sviluppato dal Schweinberger (2005). Nella prima fase viene verificato un modello di indipendenza diadica¹⁷, al fine di comprendere se vi è evidenza empirica di indipendenza del network. In questo caso, uno score test dell'effetto di transitività statisticamente significativo indica che vi è interdipendenza nel network che va oltre quella prevista dalle sole relazioni diadiche. In questa prima fase, dunque, viene determinato se le diadi sono indipendenti l'una dall'altra oppure se è necessario includere nel modello alcuni effetti che trattano strutture di rete più complesse (come la transitive closure).

La seconda fase controlla se l'evoluzione del network e del comportamento sono indipendenti l'una dall'altro, cercando di verificare un modello nullo dove la dinamica del network e del comportamento sono indipendenti attraverso la verifica dello score test sugli effetti del comportamento sulla struttura del network e gli effetti della struttura del network sull'evoluzione del comportamento. Un valore statisticamente significativo dello score test indica che vi è interdipendenza tra la dinamica del network e quella del comportamento.

¹⁷ Un modello di indipendenza diadica in generale è un modello semplice che include in genere gli effetti outdegree (density) e reciprocity, insieme ad uno dei tre effetti di chiusura (transitive triplets, balance o number of actors at distance 2), supponendo nulla la funzione di dotazione.

Nell'ultima fase, viene provato un modello che include tutti i parametri del network e del comportamento che siano di interesse in modo da determinare iterativamente con precisione sempre maggiore la forza delle diverse componenti nei processi di selezione ed influenza.

L'ipotesi H2, dove si poneva che l'aumento della performance dei singoli all'interno di un gruppo fosse correlata positivamente con l'evoluzione del network di ricercatori, può essere analizzata empiricamente in SIENA attraverso lo studio dell'effetto che la performance ha sul network, selezionando l'apposito effetto.

Per testare l'ipotesi H3, ovvero che l'evoluzione delle performance di un ricercatore che appartiene ad un gruppo avviene principalmente per influenza è necessario controllare per l'effetto di *behavioral similarity*, che indica la tendenza per gli attori di adottare il comportamento degli altri a cui sono collegati. In particolare, in questo lavoro di tesi, un valore positivo del parametro implica l'influenza del gruppo (l'insieme degli attori con cui è legato ego) sul comportamento dell'attore considerato.

Piano di analisi

L'analisi oggetto di questo lavoro analizza l'evoluzione del network dei ricercatori su una selezione di quattro dipartimenti, per confrontare i risultati su comunità scientifiche diverse.

La scelta dei dipartimenti, come sopra citata, è stata effettuata tenendo conto di vari fattori, come ad esempio il tipo di ricerca, la tendenza alla collaborazione e la dimensione della struttura.

Da un punto di vista quantitativo la scelta è stata strutturata secondo i seguenti criteri gerarchici, derivanti da limitazioni poste dalla metodologia statistica implementata nel software SIENA:

- La media dei collaboratori interni a Bologna pari a due
- Il personale strutturato compreso tra 40 e 100
- Aver prodotto almeno un lavoro collaborativo all'anno per persona negli ultimi tre anni (in media)

Il primo criterio costituisce un vincolo metodologico derivante dall'implementazione attuale del modello actor oriented in SIENA. Non influenza la significatività del campione in quanto la moda della collaborazione all'interno dei collaboratori di Bologna è esattamente pari a due unità.

Il secondo criterio è di carattere puramente computazionale, in quanto il metodo individuato potrebbe considerare anche dipartimenti maggiori di 100 nodi e inferiori a 40. Nel primo caso, però, sarebbe necessario un tempo di calcolo non compatibile con la nostra indagine, mentre nel secondo caso si rischierebbe di avere strutture di dimensioni non comparabili.

Il terzo criterio invece discende dalla significatività del fenomeno nella struttura considerata, infatti non è pensabile studiare la collaborazione in una struttura che non riporta l'occorrenza di prodotti collaborativi.

I criteri sopra applicati ad un totale di 73 strutture selezionate fra dipartimenti e centri di ricerca, dai quali è stato estratto un dipartimento per tipologia, ovvero Scientifico, Umanistico e delle Scienze Umane.

Successivamente è stato aggiunto un secondo dipartimento afferente all'area delle Scienze Umane. La scelta di analizzare due dipartimenti afferenti a quest'area è stata dettata dal fatto di riservarsi la possibilità di poter confrontare anche comportamenti meno polarizzati dal punto di vista della collaborazione. Di questi due dipartimenti, infatti, uno presenta caratteristiche assimilabili ad un dipartimento scientifico (Pubblicazioni in riviste con I.F., grande ricorso alla collaborazione...) e l'altro ad un dipartimento umanistico.

L'operazione appena descritta ha portato ad identificare i seguenti Dipartimenti:

Nome della Struttura	Totale Prodotti Collaborativi (2004-2006) (a)	Personale strutturato (2006) (b)	Prodotti per Persona (2004-2006) (a/b)	Media dei collaboratori di Bologna
Dipartimento di Scienze Statistiche "Paolo Fortunati" (STAT)	410	61	6,721311475	2
Dipartimento di Scienze dell'Educazione "Giovanni Maria Bertin" (EDU)	435	88	4,943181818	2
Dipartimento di Scienze Aziendali (DSA)	387	87	4,448275862	2
Dipartimento di Sociologia (SOC)	153	46	3,326086957	2

Il modello definitivo è stato specificato attraverso la procedura in tre fasi sopra specificata, in modo da considerare contemporaneamente gli effetti di selezione ed influenza all'interno del network di co-authorship rispetto alla performance della ricerca prevedendo gli opportuni effetti di rete (reciprocità, transitività) e di selezione basati sul sesso, l'appartenenza ad una facoltà, lo status.

La rete di co-authorship viene rappresentata attraverso una matrice di adiacenza simmetrica, che consiste di valori dicotomizzati: il legame di collaborazione diretto dall'attore i all'attore j può essere quindi presente ($x_{ij}=x_{ji}=1$) o assente ($x_{ij}=x_{ji}=0$)¹⁸. La disciplina, il genere e la facoltà

¹⁸ Un recente avanzamento della letteratura (Bauman, K.E., Faris, R., Ennett, S.T., Hussong, A., and Foshee, V.A. "Adding valued data to social network measures: Does it add to associations with adolescent substance use?," *Social Networks* (29:1) 2007, pp 1-10.), riporta che non vi è una sostanziale

di appartenenza dell'attore sono rappresentati come variabili costanti a livello individuale. L'età e il livello di carriera sono rappresentati come variabili individuali dinamiche. La performance è la variabile di tipo behavior e viene quindi definita come un intero (da 0 a 4) per ogni attore per ogni periodo. Infine i cambiamenti nella composizione del network (attori che entrano ed attori che escono) sono modellati come eventi esogeni (vedi Huisman et al. 2003). Per considerare questi cambiamenti, l'algoritmo utilizzato per simulare l'evoluzione del network è stato esteso in modo da considerare solo gli attori presenti nel periodo considerato. Questo è ottenuto inserendo in SIENA un file addizionale che identifica quando gli attori entrano nel network e quando gli attori escono.

Dal punto di vista della variabile di performance, per testare la scelta metodologica di suddividere tra i coautori il punteggio di un lavoro di ricerca condiviso, si è deciso di replicare tutte le analisi anche con una variabile che non suddivideva tra gli autori il punteggio globale del lavoro di ricerca da loro prodotto, ma ne assegnava a tutti indistintamente il punteggio pieno.

Per individuare precisamente il peso che i singoli effetti hanno all'interno del modello, si prevede la verifica per ogni dipartimento di quattro modelli in sequenza. Il primo modello è una verifica grossolana della presenza di selezione ed influenza all'interno del network; solo se l'influenza ha un carattere predominante risulta sensato proseguire con le analisi e con la verifica delle ipotesi. All'interno del secondo modello si inseriscono gli effetti individuati nella metodologia di test delle ipotesi: la chiusura triadica (transitive triads, number of actor pairs at distance 2) che dà conto dell'evoluzione per gruppi di ricerca, la disciplina (same Discipline) che individua le comunità omogenee all'interno del dipartimento e la tendenza all'omofilia, l'effetto della performance sul network e la similarità della performance rispetto agli altri membri del gruppo.

Nel terzo modello, invece, sono stati inclusi alcuni effetti di controllo, ovvero l'*average alter effect*, e l'*effect of the behavior Z on itself*. Il primo effetto (*average alter*) esprime il fatto che gli attori i cui alter hanno un valore in media più alto della variabile del comportamento Z, esprimono essi stessi una tendenza verso alti valori di quella variabile comportamentale; questo effetto raffina l'effetto di similarità sopra considerato, in quanto analizza il legame individuale e non quello con il gruppo (si potrebbe pensare, ad esempio, che la performance di un gruppo sia in realtà guidata dalla performance del principal investigator). Il secondo effetto (*behavior Z on itself*), diviene rilevante solo se le categorie della variabile che esprime il comportamento sono tre o più, ed esprime la tendenza della variabile del comportamento a determinare se stessa nel futuro, ovvero quanto del cambiamento della variabile Z nel periodo successivo è da attribuirsi al valore che aveva nel periodo precedente; questo effetto specifica il modello precedente considerando l'attitudine personale all'interno del gruppo, ovvero quanto della performance che un ricercatore avrà nel futuro dipende dalle caratteristiche

perdita di informazioni e di capacità di spiegazione in modelli che utilizzano network dicotomizzati rispetto all'uso di grafi pesati.

individuali rispetto all'operare all'interno di un gruppo di ricerca (si potrebbe infatti pensare che un ricercatore di valore riesca ad emergere in qualsiasi contesto si trovi ad operare).

Il quarto modello parte dal secondo e considera altri aspetti inerenti all'omofilia, include infatti gli effetti che discendono dalle caratteristiche individuali di tutti gli attori, come il genere (andando a studiare se il genere influenza la creazione di legami), l'appartenenza ad una Facoltà (considerando se questa influenza l'evoluzione della rete) e l'età (analizzando se i ricercatori operano per gruppi omogenei dal punto di vista anagrafico o meno). Questo modello raffina i primi due in quanto conformando in modo più fine l'evoluzione del network, si precisano i meccanismi con cui viene costituita la comunità di riferimento per lo studio del comportamento.

Capitolo 4

Risultati

Nel seguito vengono presentati i risultati delle analisi sopra descritte. Sono suddivisi per metodologia e successivamente per Dipartimento. Alla chiusura di ogni metodologia viene incluso un prospetto complessivo che riporta i risultati in modo sintetico per permetterne lo studio e la comparazione.

Discrete Time Network Visualization

Lo studio della prima ipotesi (H1), ovvero che il pattern di omofilia prevalga sulla funzionalità e sulle aspettative di status si è svolta per tutti i dipartimenti oggetto di indagine.

Si ricorda che le immagini vengono rappresentate in modo che il colore del nodo rappresenti la disciplina, la dimensione lo status, la forma a rombo i nuovi entranti, mentre la dimensione del legame rappresenti l'effetto ombra dei legami stessi al fine di cogliere l'effetto del reiterarsi del legame stesso attraverso nuove pubblicazioni. Si può quindi assumere che la dimensione del legame sia un indice dell'importanza (o quantomeno della reiterazione) della collaborazione.

Per poter applicare questa tecnica, sono stati codificati tutti i network dei singoli dipartimenti in un formato che temporale compatibile con Pajek (Batagelj et al. 2007) (.tim). In questo formato è possibile specificare gli eventi che coinvolgono gli attori e i legami all'interno del network, come l'arrivo di un attore o la creazione o rimozione di un legame. Questa codifica, assieme a quella che rappresenta la disciplina e l'evoluzione della carriera, ha permesso di rappresentare le immagini sotto riportate. L'organizzazione dei nodi e dei legami è ottenuta a partire dal grafo completo, che riporta tutti gli attori e i legami per gli anni che vanno dal 1996 al 2007, sul quale è stata applicato l'algoritmo di Kamada-Kawai (KK) (1989). Questa procedura, che è stata sopra descritta, minimizza l'energia totale del grafo secondo una procedura euristica e ne aumenta la leggibilità, consentendo al ricercatore di percepire le strutture insite nella rete.

Successivamente a questa procedura la posizione dei nodi è stata congelata, ed è stata fatta variare la dimensione temporale, fotografando i singoli grafi così come si presentano nei singoli periodi. La tecniche di visualizzazione dei grafi nel tempo sono state molto dibattute in letteratura, e ancora non si è consolidata una prassi unitaria nella scienza (per una review ed alcune proposte innovative di veda: Bender-deMoll et al. 2006)

Dipartimento di Scienze Statistiche

Di seguito si riporta in Figura 13 la social network del dipartimento di Scienze Statistiche, dove i legami rappresentano un lavoro di ricerca prodotto in collaborazione e il colore dei nodi l'afferenza disciplinare, individuando con il colore azzurro gli esterni al dipartimento. Per tali attori, pertanto, non è nota la Disciplina e non verranno considerati nello studio del pattern di omofilia. In questo dipartimento si rileva la presenza di un grande componente fortemente connesso (100 nodi), si noti come al suo interno vi siano due gruppi dominanti (i gialli e i rossi) che tendono ad organizzarsi in sottogruppi coesi che presentano la triade come struttura dominante.

Nel periodo di indagine sono stati considerati 118 attori, che hanno prodotto un totale di 2105 prodotti registrati nella base dati. Gli attori sono stati suddivisi in 8 classi disciplinari e afferiscono a 11 facoltà distinte. Gli autori considerati sono suddivisi equamente per genere (51% uomini e 49% donne) e l'età media al 2007 è di 36 anni con il 33% di Professori Ordinari, il 22% di Professori Associati, il 24% di Ricercatori e l'11% di collaboratori esterni.

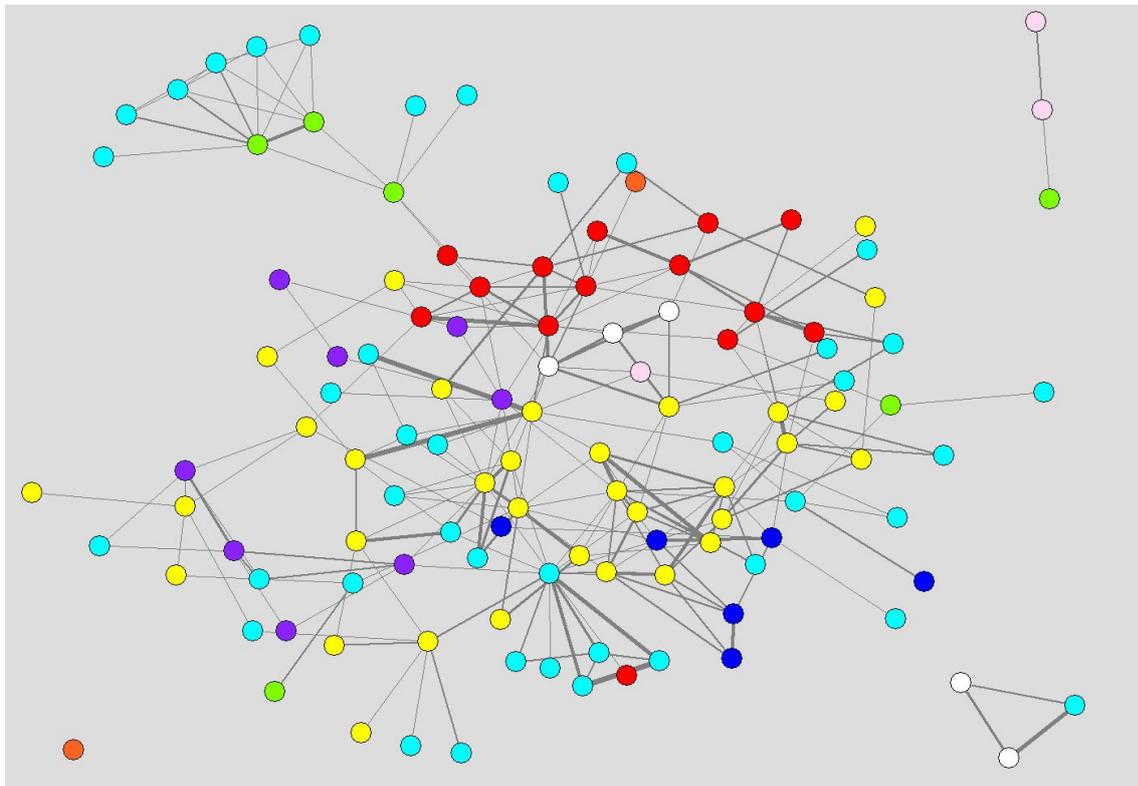


Figura 13 – STAT – Omofilia

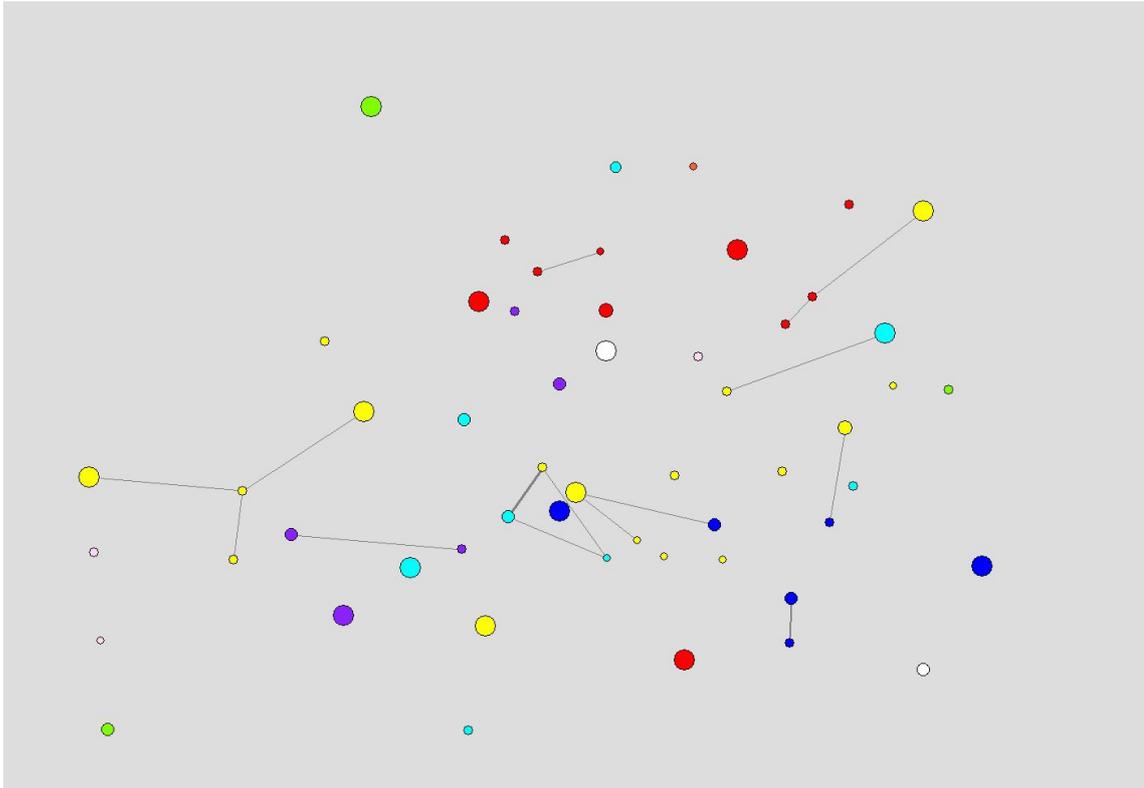


Figura 14 – STAT – 1996 - Situazione Iniziale

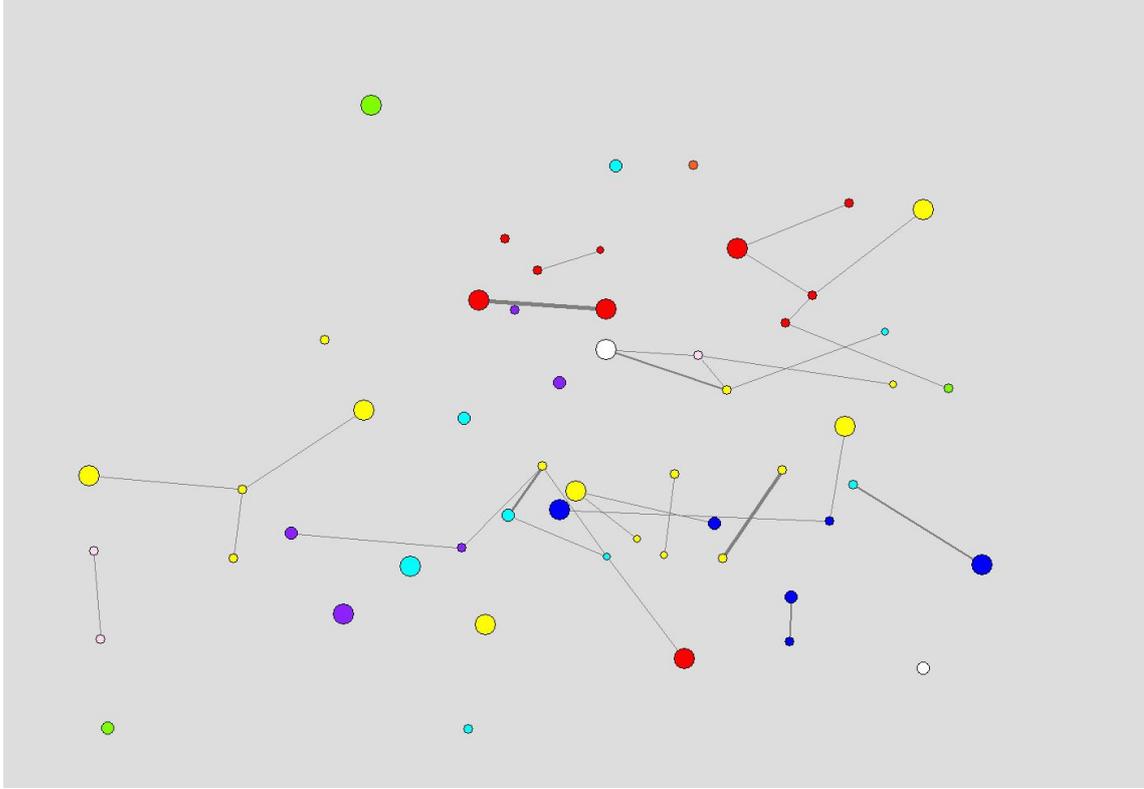


Figura 15 – STAT – 1997 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
1998	1	1				1

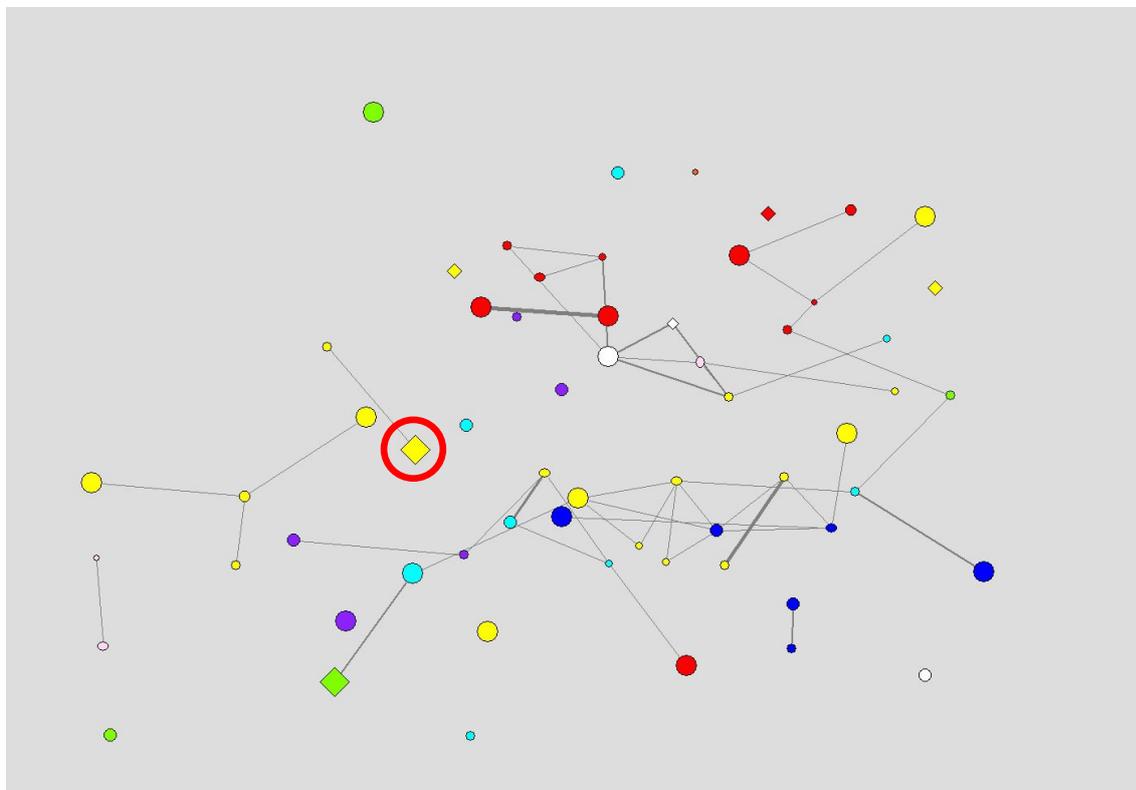


Figura 16 – STAT – 1998 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
1999	2	1,5	0,5	0,5	1,5	

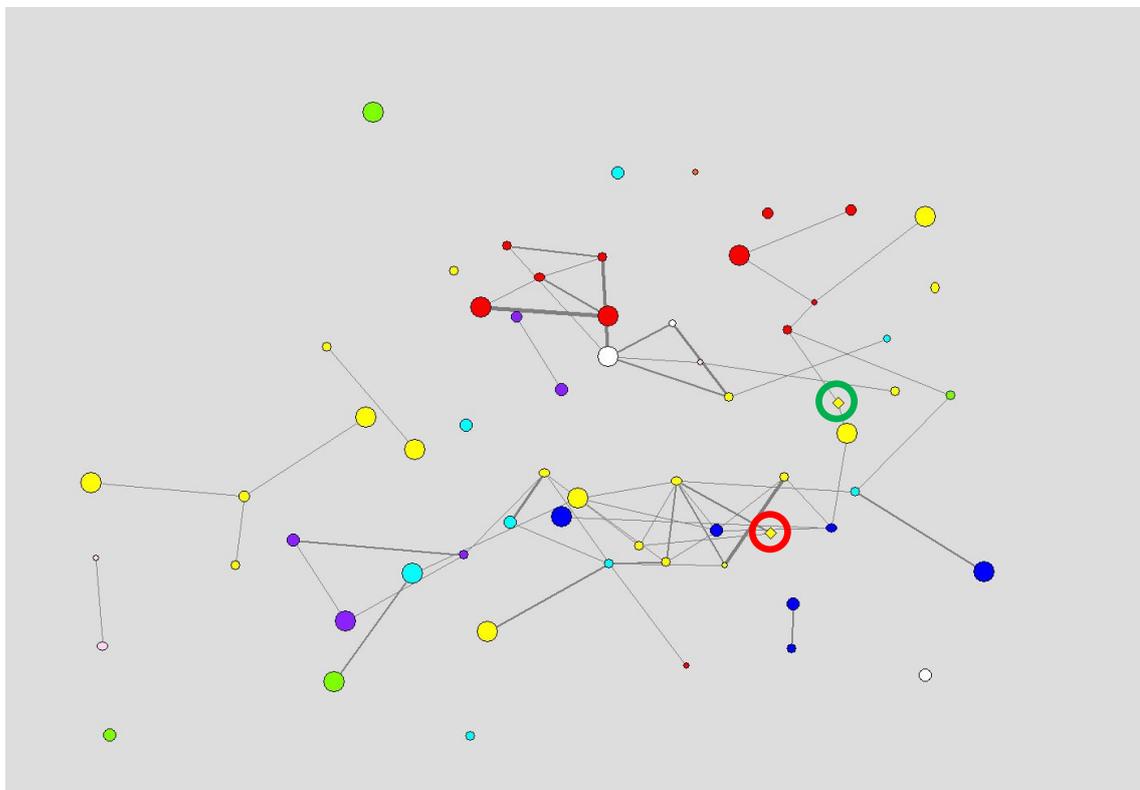


Figura 17 – STAT – 1999 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2000	2	1,166667	0,833333	1,166667	0,5	0,333333

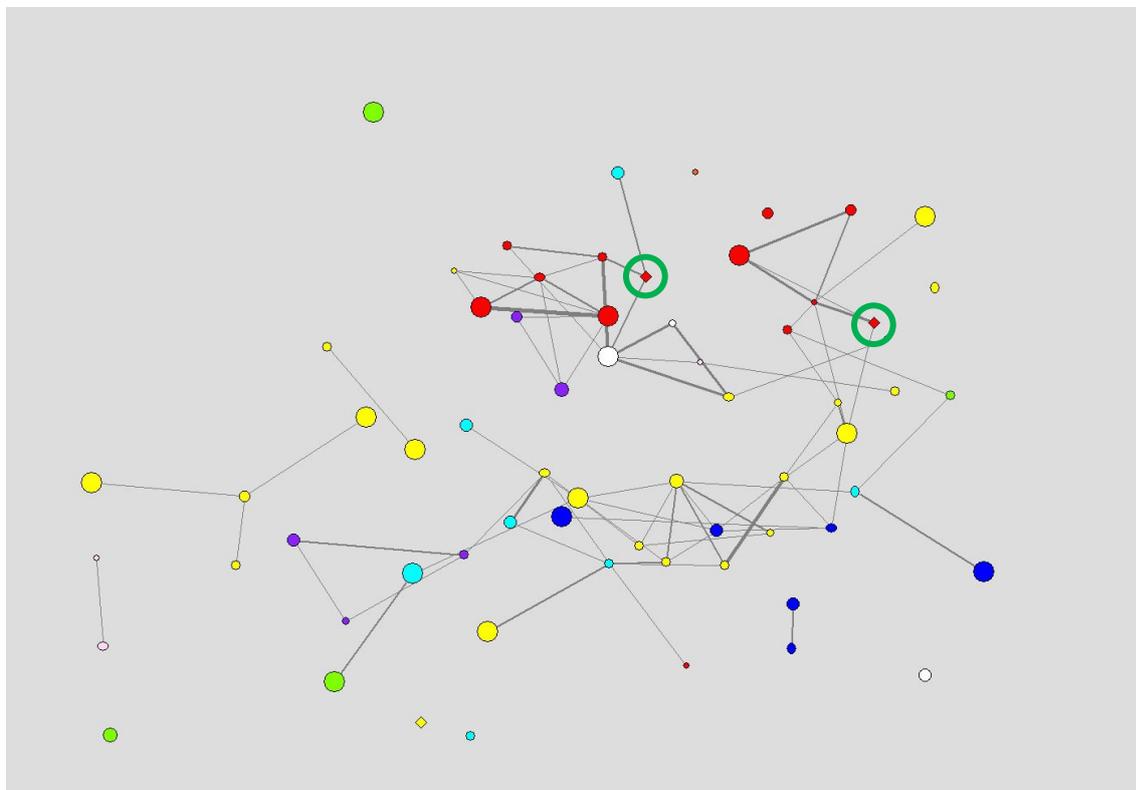


Figura 18 – STAT – 2000 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2001	4	3,5	0,5	1,5	2	0,5

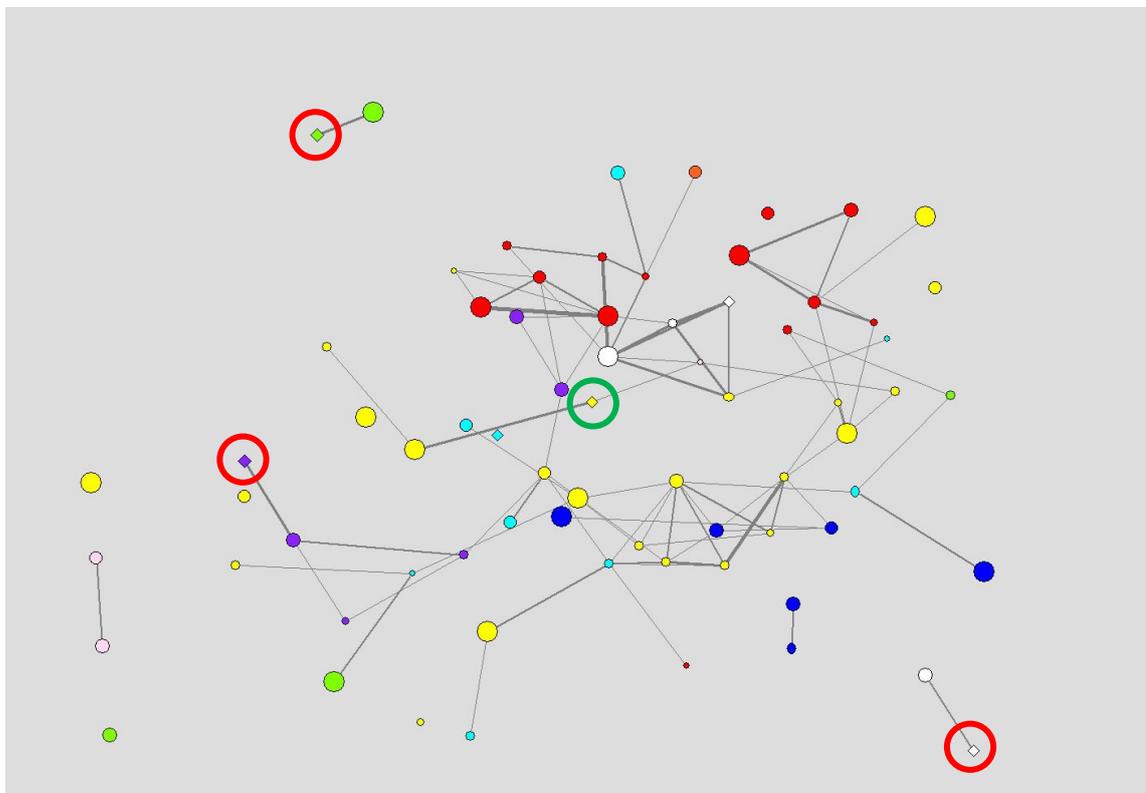


Figura 19 – STAT – 2001 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2002	2	2		0,5	1	0,5

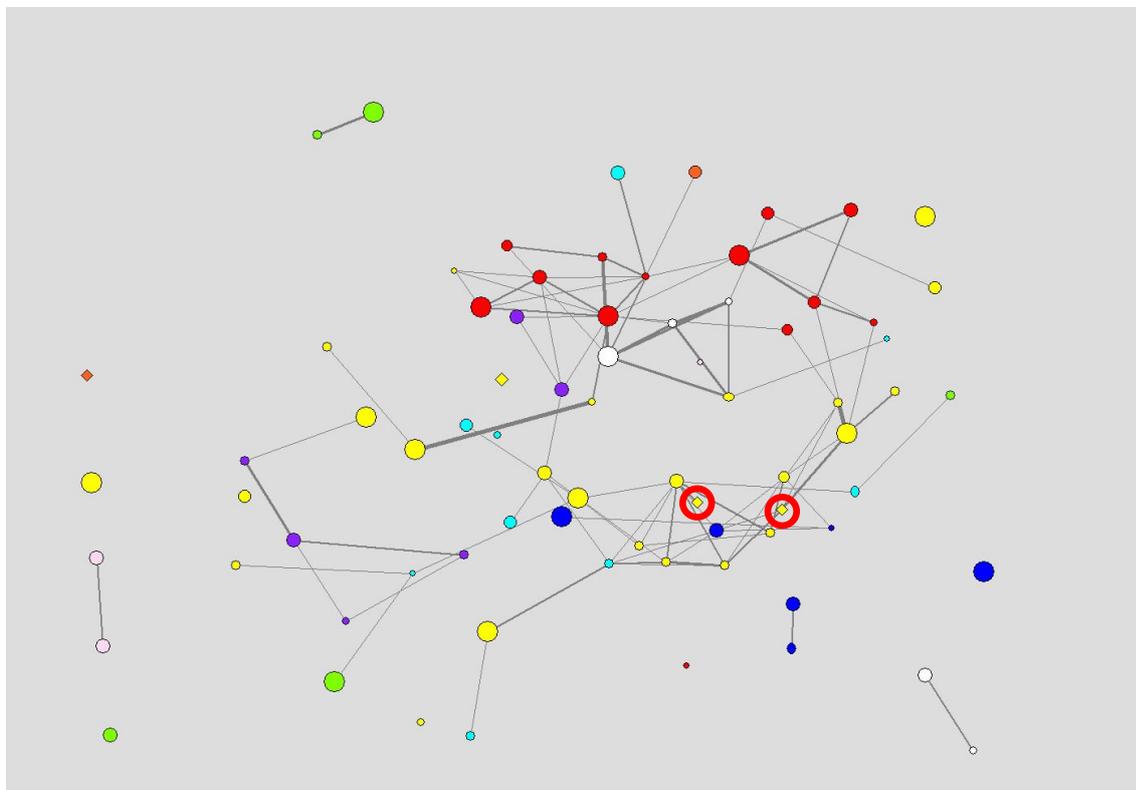


Figura 20 – STAT – 2002 - Nuovi Entranti

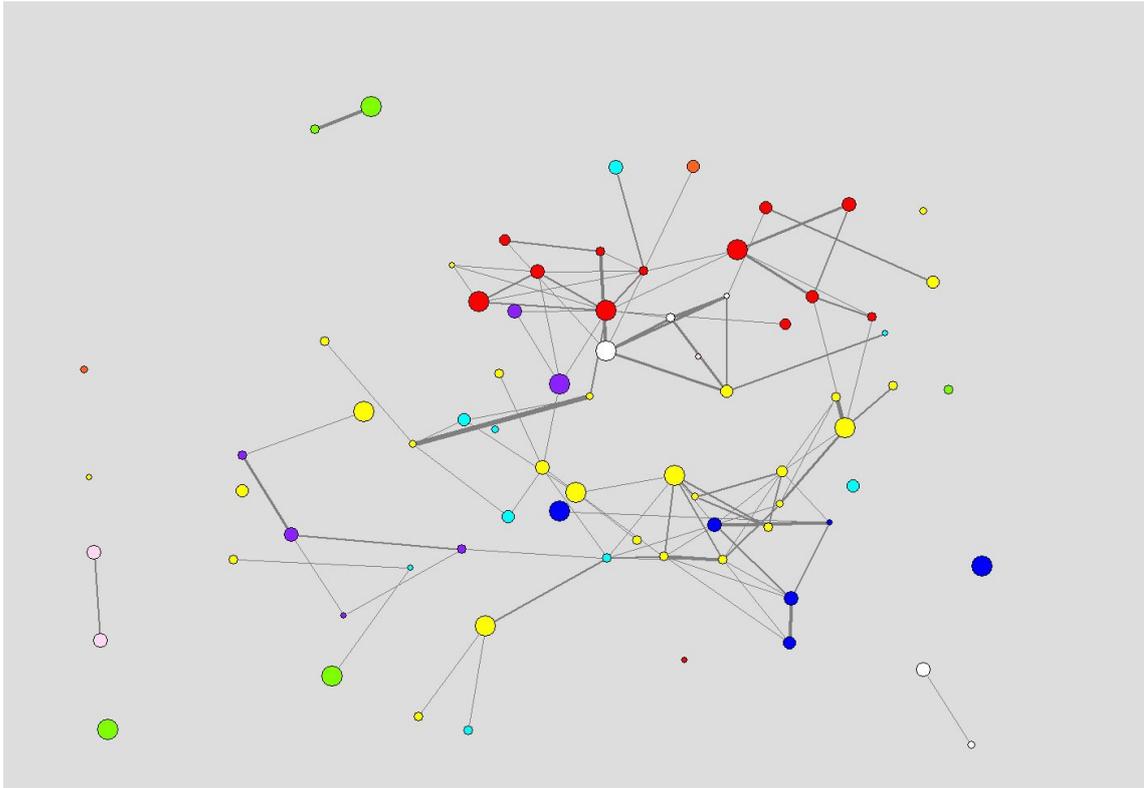


Figura 21 – STAT – 2003 - Nuovi Entranti

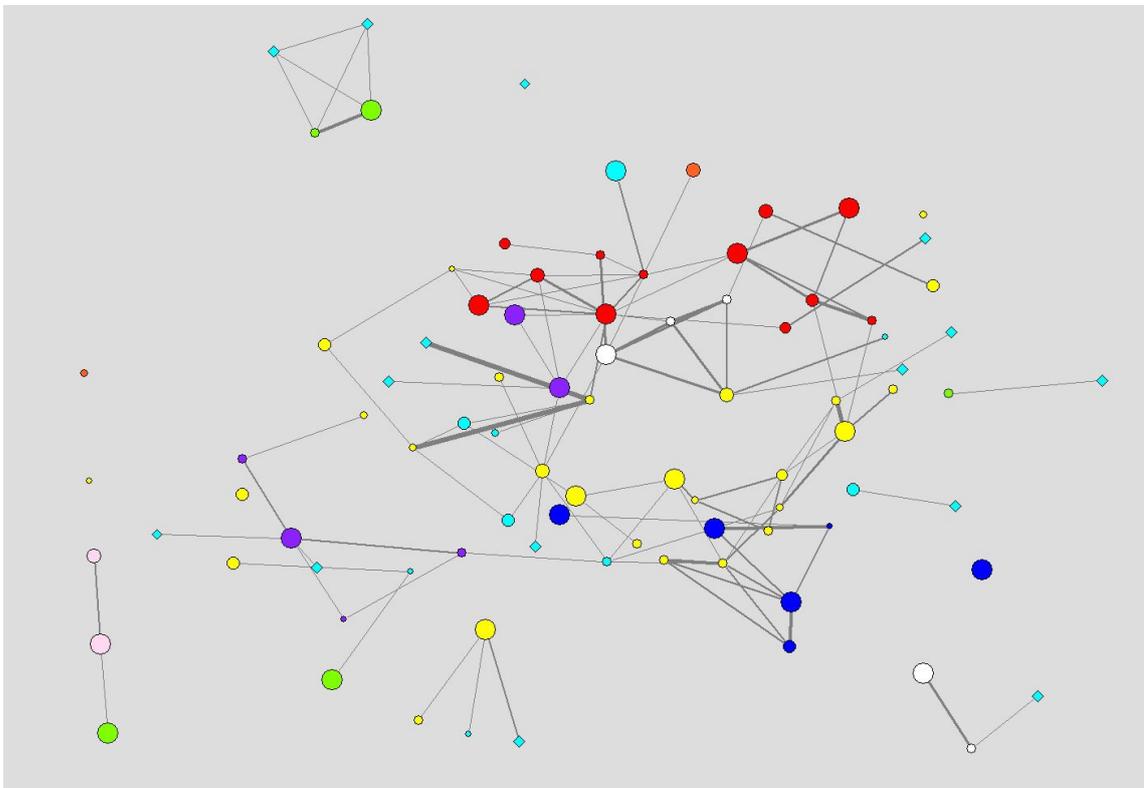


Figura 22 – STAT – 2004 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2005	4	4		1,666667		2,333333

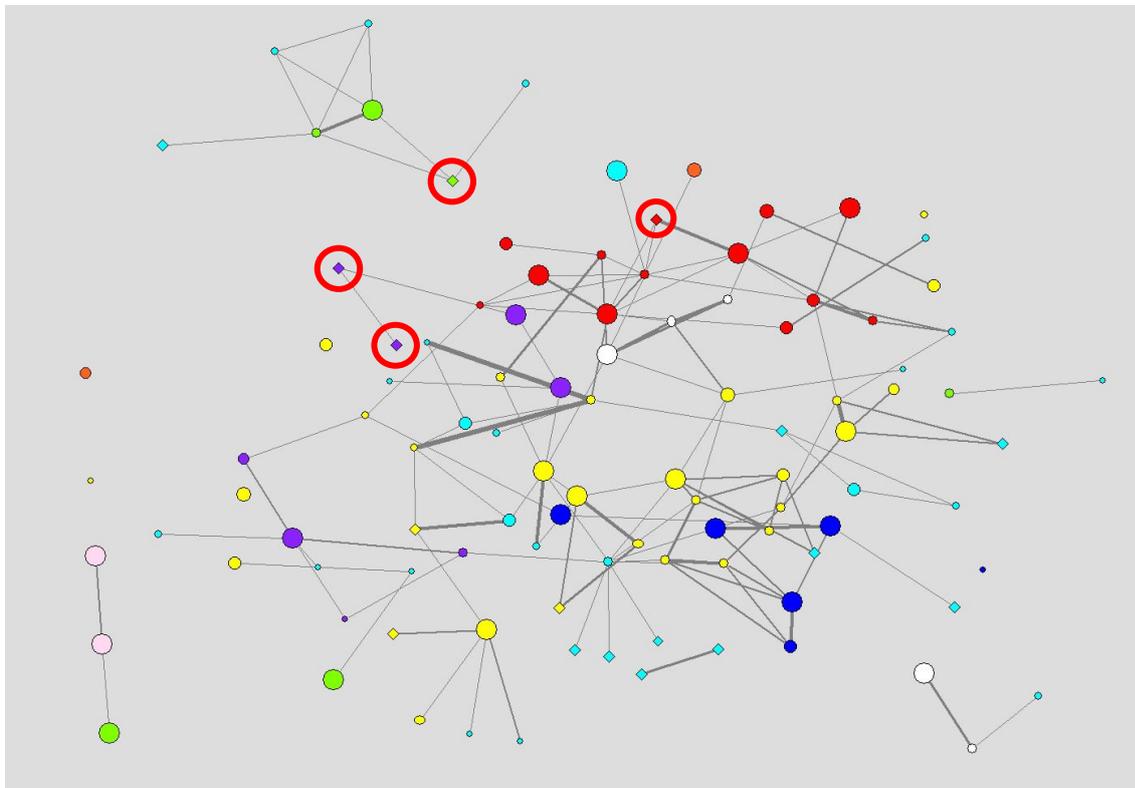


Figura 23 – STAT – 2005 - Nuovi Entranti

STAT	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2006	3	3		0,983333	0,45	1,566667

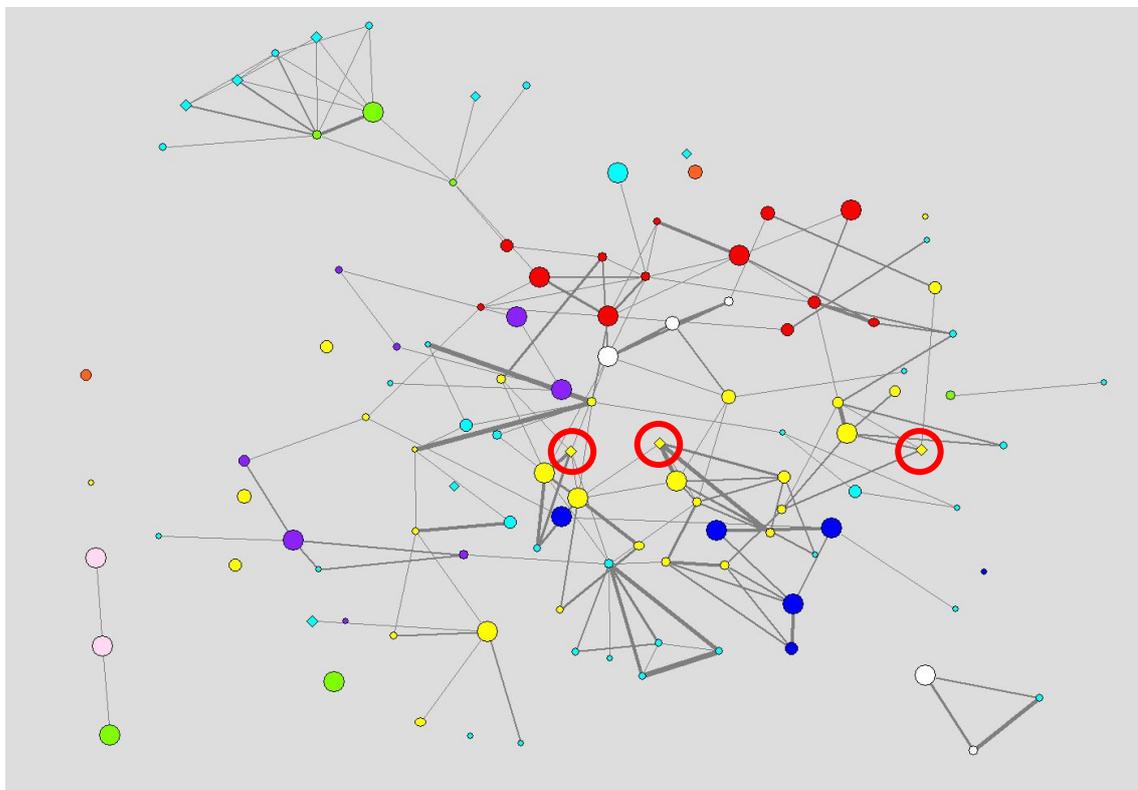


Figura 24 – STAT – 2006 - Nuovi Entranti

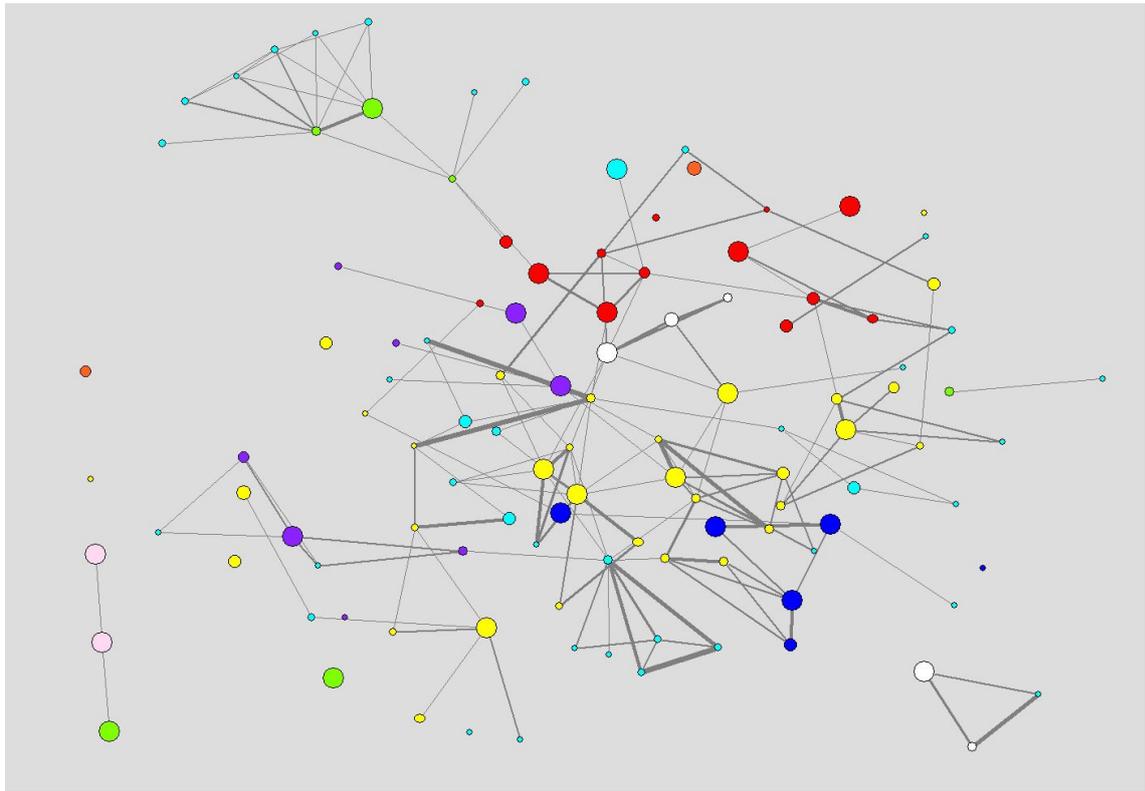


Figura 25 – STAT – 2007 - Nuovi Entranti

Dipartimento di Scienze dell'Educazione "Giovanni Maria Bertin"

Di seguito si riporta in Figura 26 la social network del dipartimento di Scienze dell'Educazione, dove i legami rappresentano un lavoro di ricerca prodotto in collaborazione e il colore dei nodi l'afferenza disciplinare, individuando con il colore azzurro gli esterni al dipartimento. Per tali attori, pertanto, non è nota la Disciplina e non verranno considerati nello studio del pattern di omofilia. In questo dipartimento si possono notare molti piccoli gruppi, identificabili dall'afferenza disciplinare, che si sono organizzati in otto componenti completamente disconnesse. Due di queste otto hanno una dimensione considerevole e sono in alto a sinistra e in basso a destra in figura, mentre le altre sono gruppi molto piccoli. Questo è un dipartimento a prevalente carattere umanistico.

Nel periodo di indagine sono stati considerati 105 attori, che hanno prodotto un totale di 2367 prodotti registrati nella base dati. Gli attori sono stati suddivisi in 14 classi disciplinari e afferiscono a 7 facoltà distinte. Gli autori considerati sono in prevalenza donne (57%) e l'età media al 2007 è di 36 anni (esattamente in linea con il Dipartimento di Scienze Statistiche) con il 30% di Professori Ordinari, il 24% di Professori Associati, il 35% di Ricercatori e l'11% di collaboratori esterni.

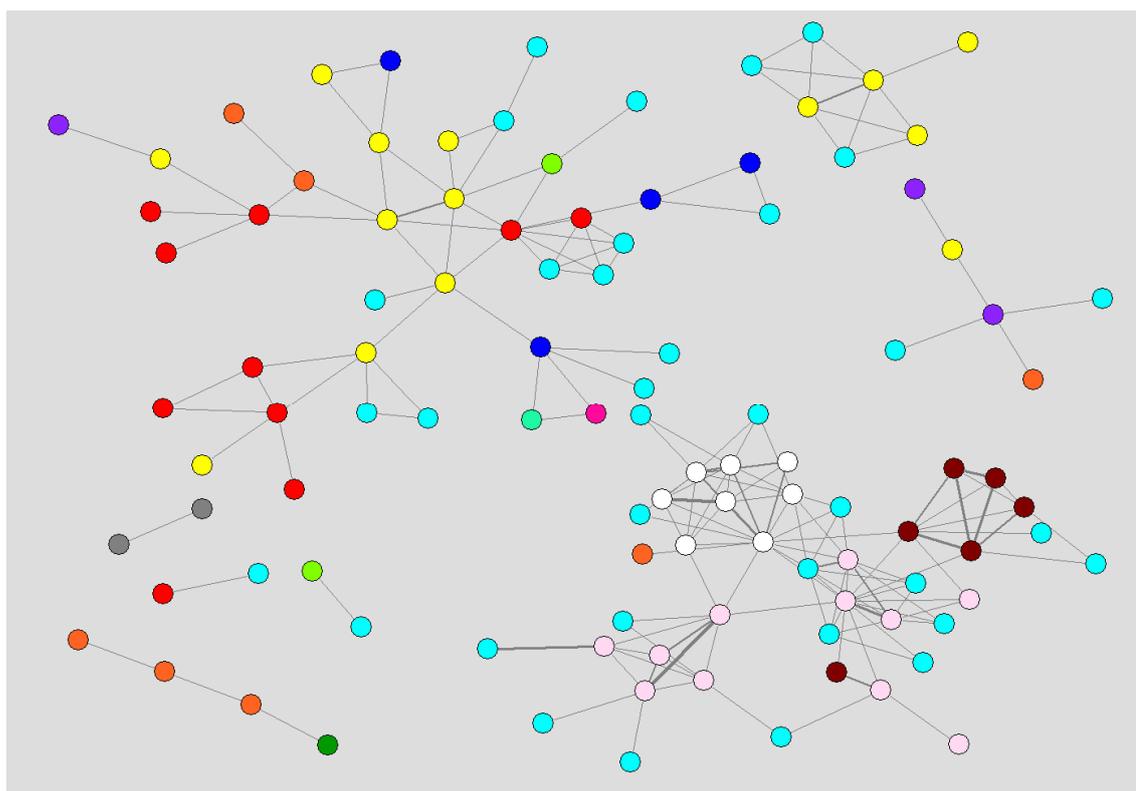


Figura 26 – EDU – Omofilia

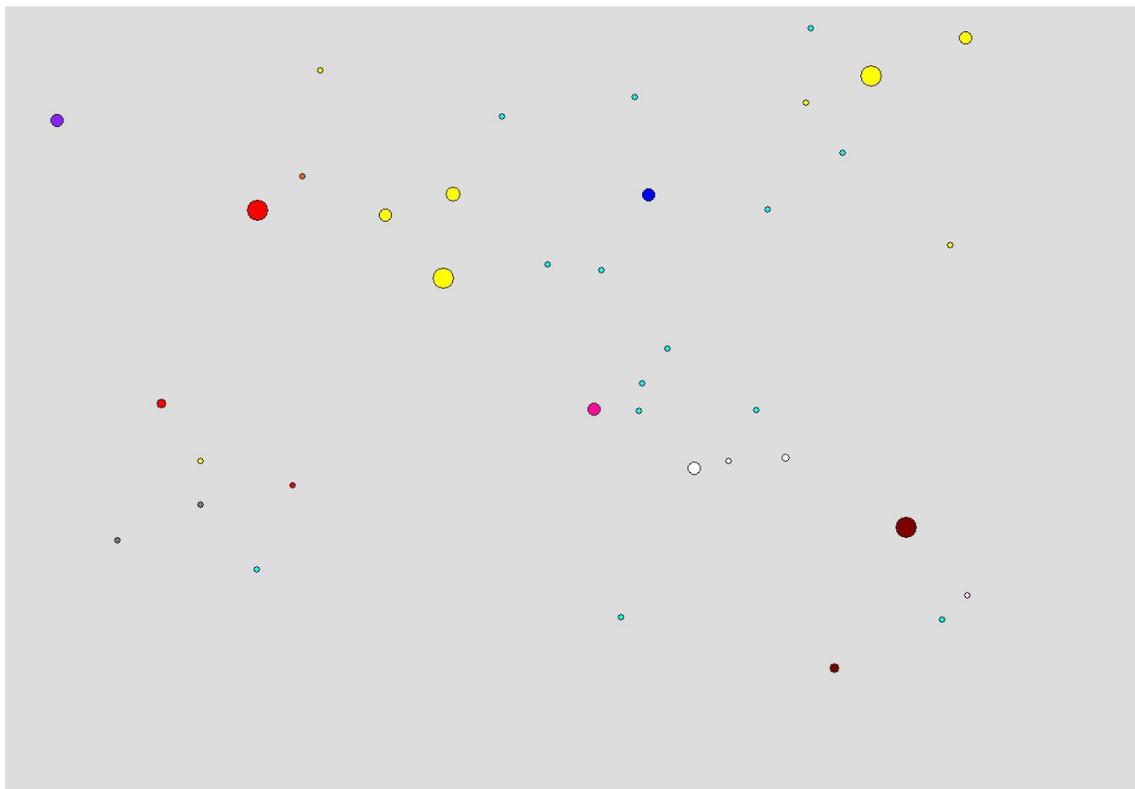


Figura 27 – EDU – 1996 – Situazione Iniziale

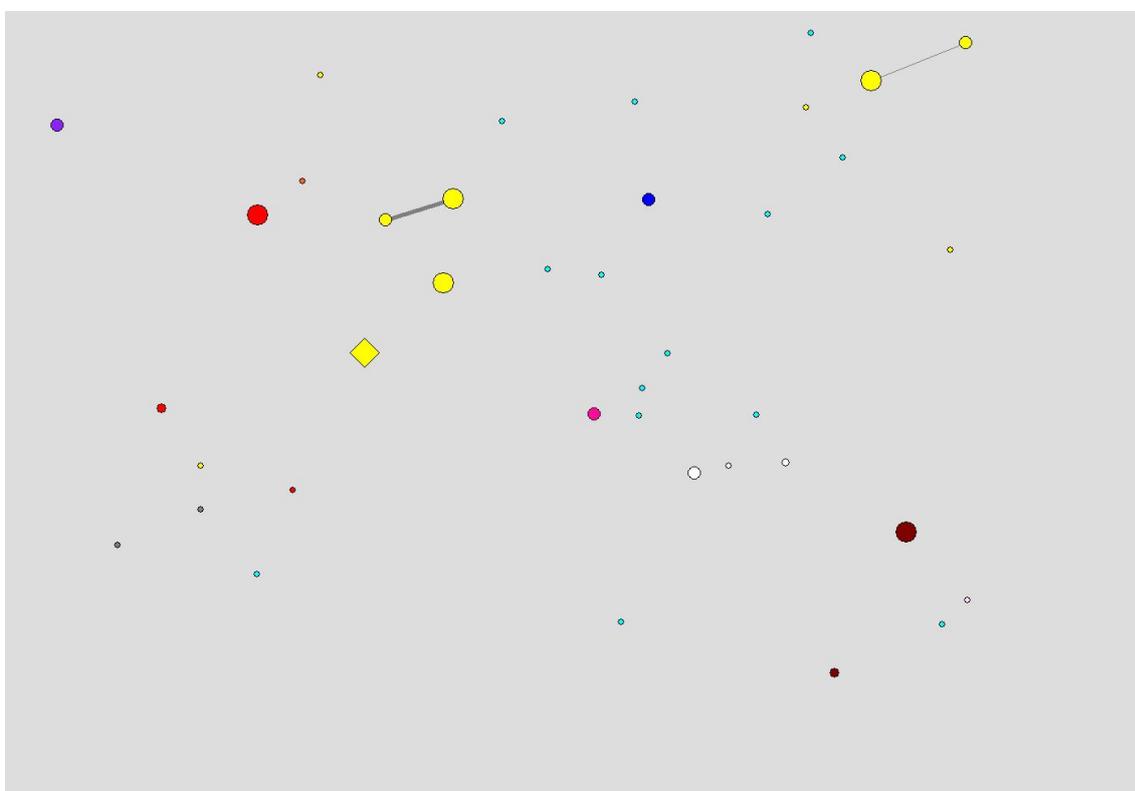


Figura 28 – EDU – 1997 - Nuovi Entranti

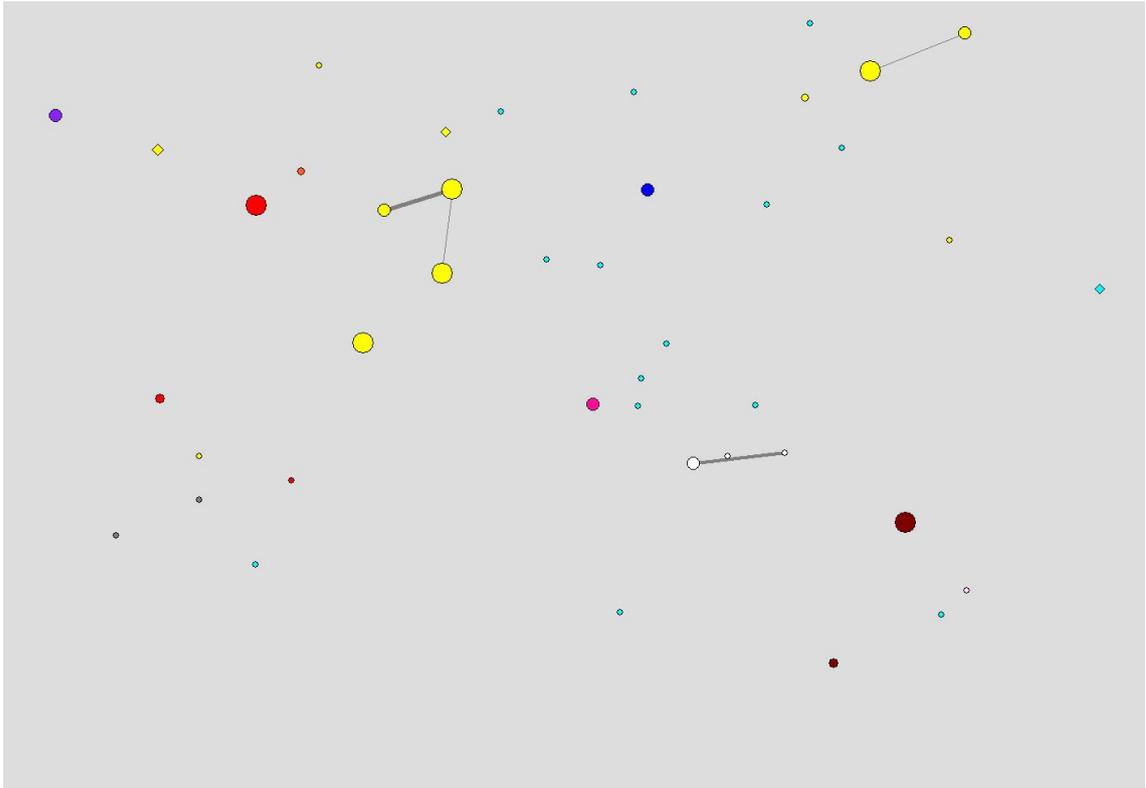


Figura 29 – EDU – 1998 - Nuovi Entranti

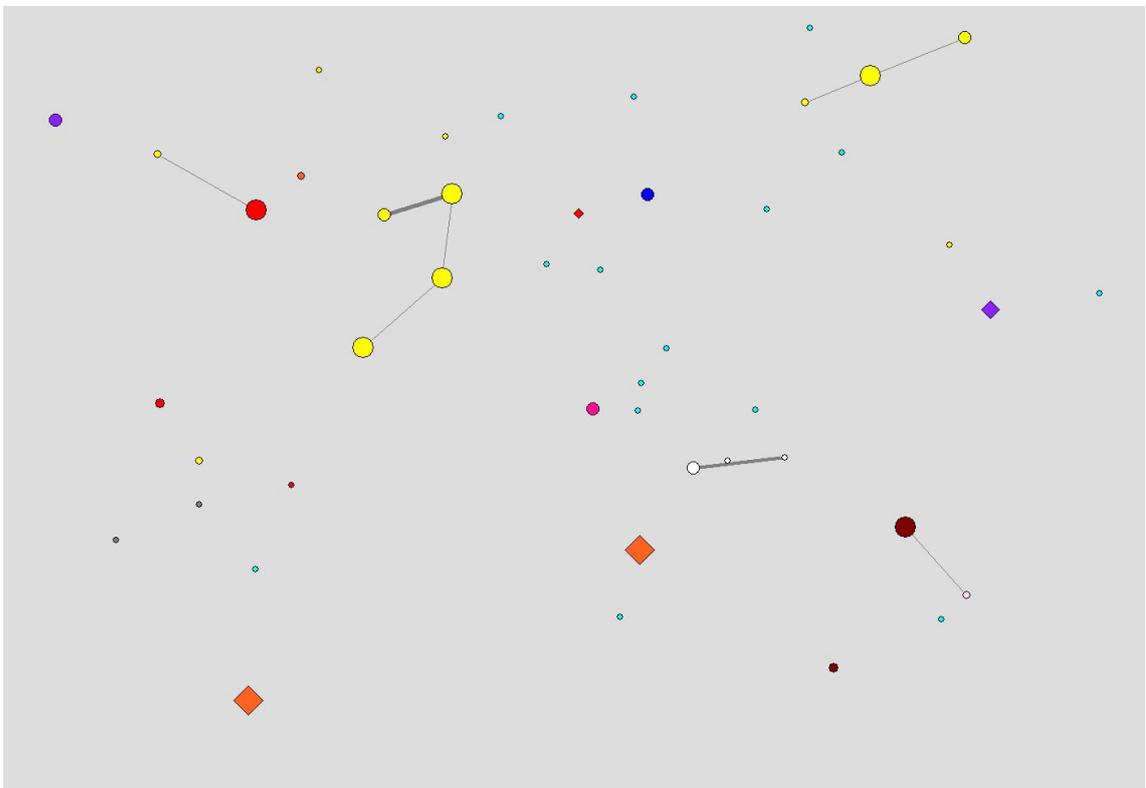


Figura 30 – EDU – 1999 - Nuovi Entranti

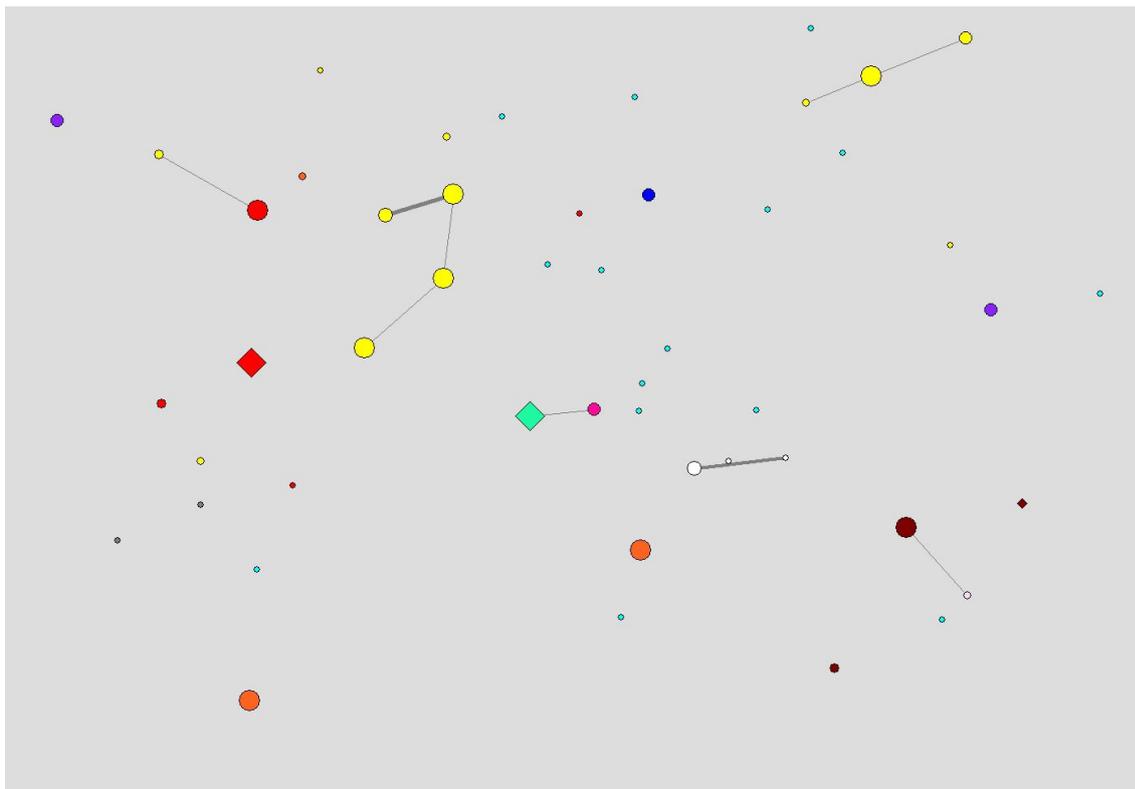


Figura 31 – EDU – 2000 - Nuovi Entranti

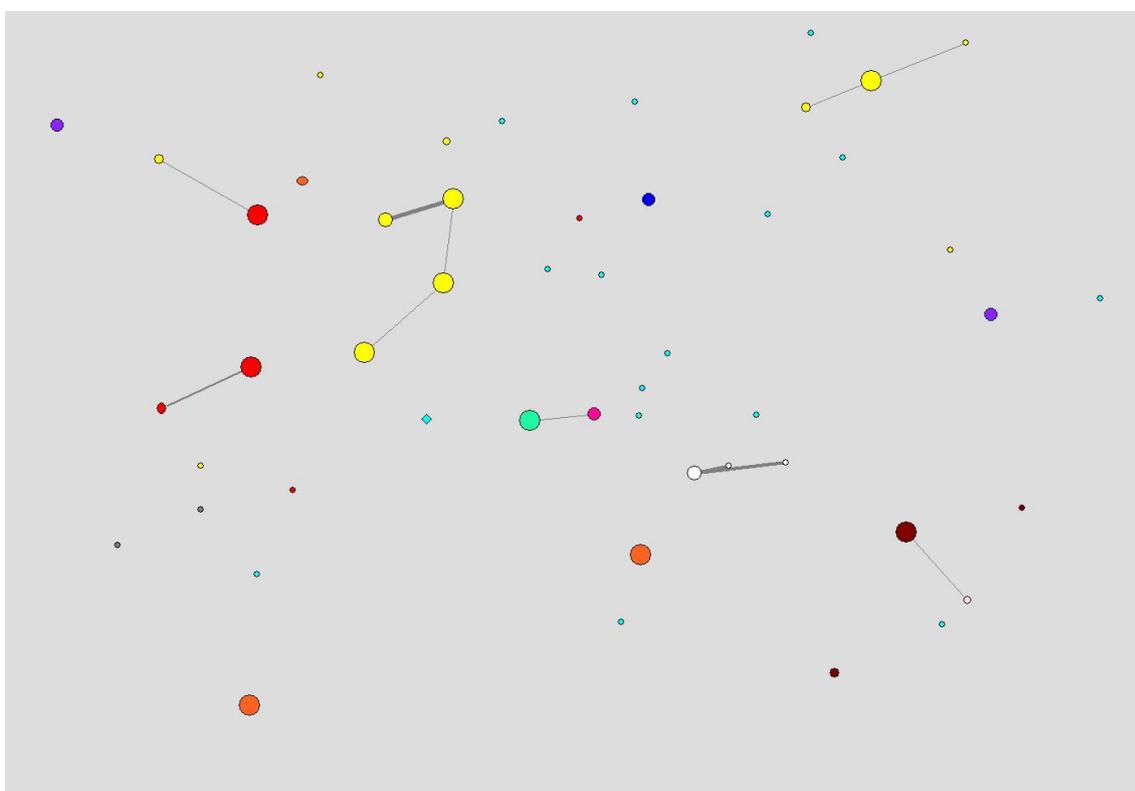


Figura 32 – EDU – 2001 - Nuovi Entranti

Da queste prime immagini (Figura 27 - Figura 32) si può notare come la tendenza alla collaborazione stia aumentando man mano che scorre il tempo. In aggiunta il fenomeno dell'attachment sembra essere presente in misura minore rispetto al Dipartimento di Scienze Statistiche. In realtà, dopo un certo periodo dall'entrata di un attore nel dipartimento, si nota la creazione di legami omofiliaci. Questo fenomeno ha principalmente due cause, la prima è la diversa tendenza alla collaborazione in un contesto umanistico (si ricordi che a livello di Ateneo, solo il 12% dei lavori di tipo umanistico presenta più autori) che determina che all'inizio della carriera il ricercatore, il quale probabilmente ha concluso da poco il percorso di dottorato, dedichi tempo alla stesura di lavori individuali. La seconda causa è il tasso diverso delle pubblicazioni, in quanto per pubblicare, ad esempio, una monografia è da considerarsi un lavoro pluriennale.

EDU	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2002	2	1	1	2		

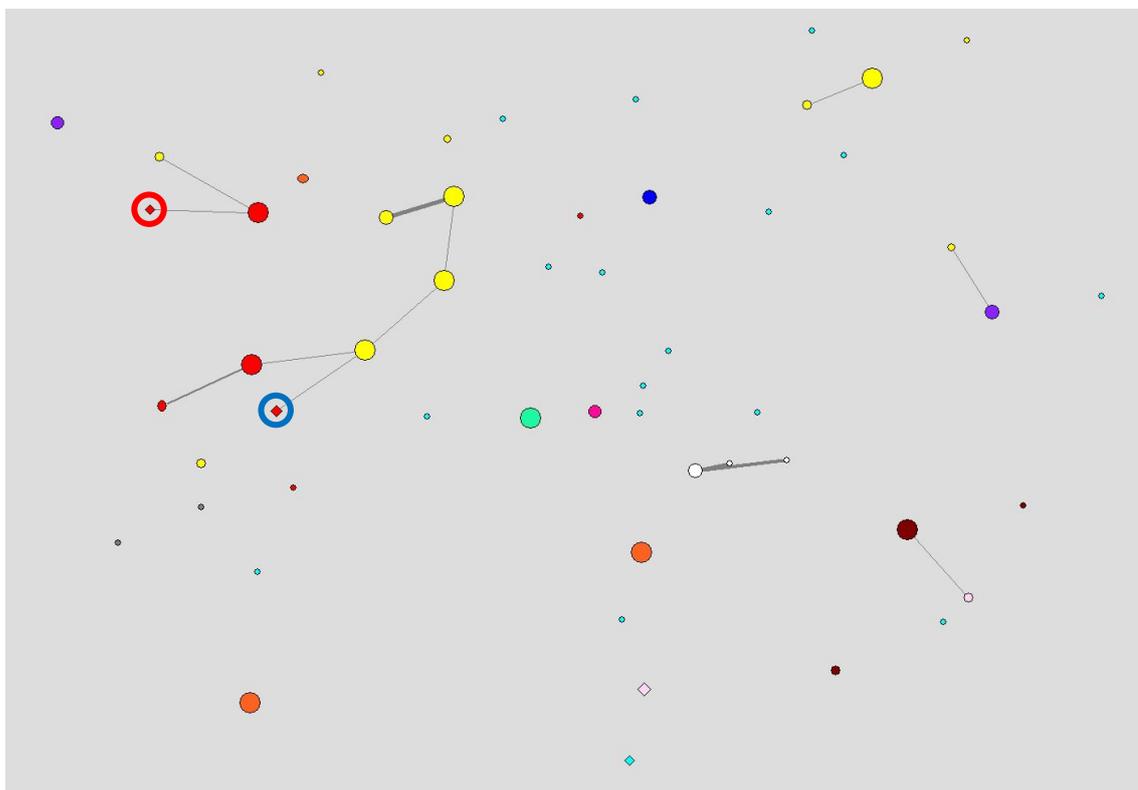


Figura 33 – EDU – 2002 - Nuovi Entranti

EDU	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2003	5	3,75	1,25	2,5	1	1,5

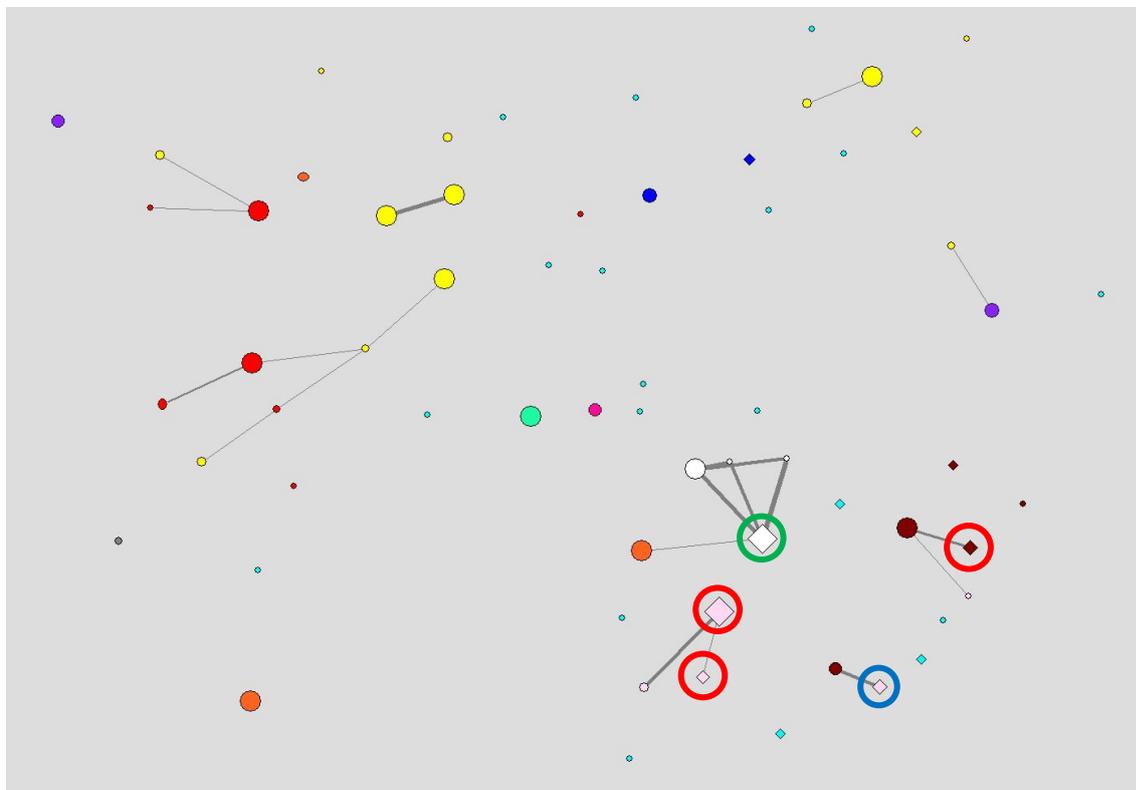


Figura 34 – EDU – 2003 - Nuovi Entranti

EDU	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2004	4	4		2,666667		1,333333

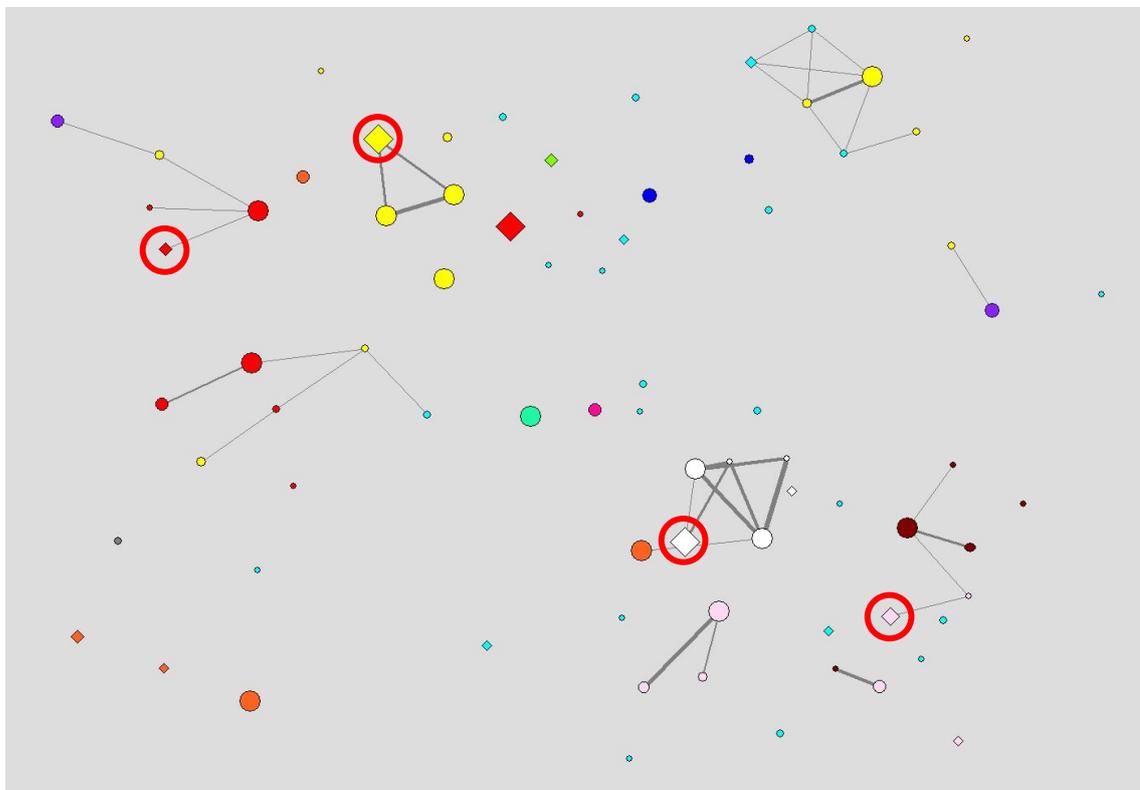


Figura 35 – EDU – 2004 - Nuovi Entranti

EDU	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2005	4	2	2	1,75	1	1,25

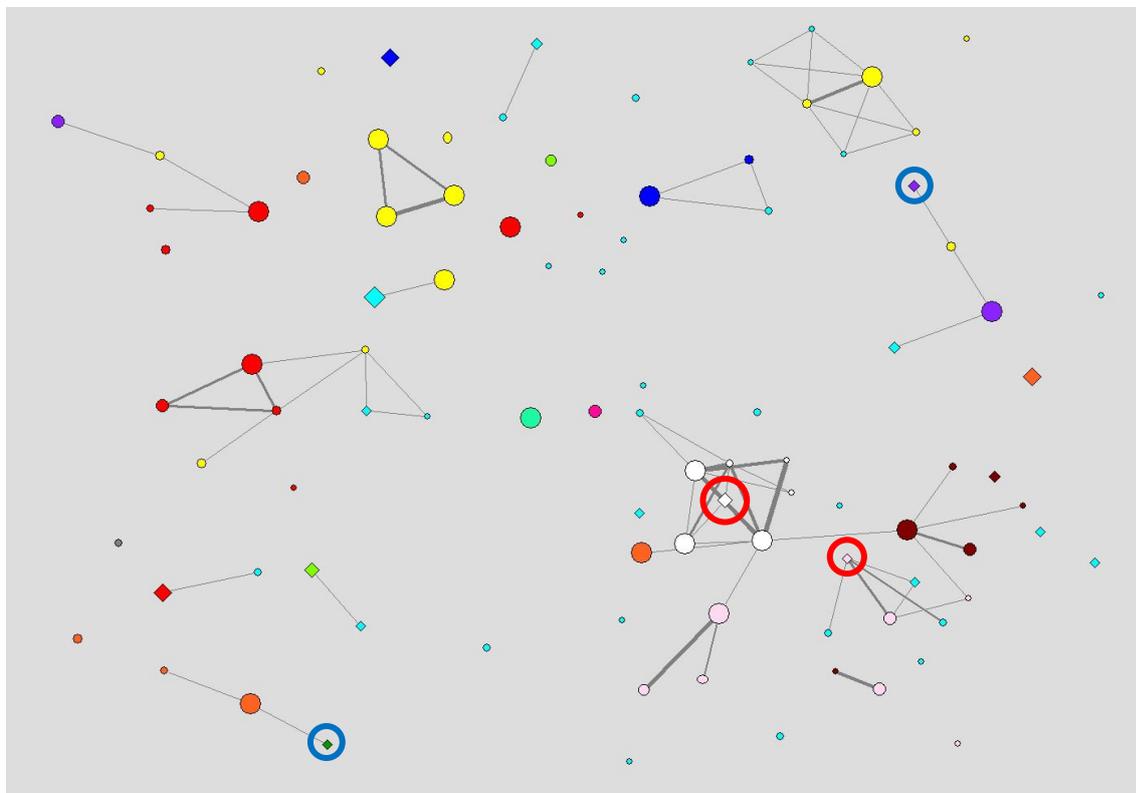


Figura 36 – EDU – 2005 - Nuovi Entranti

EDU	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2006	5	4,5	0,5	1,833333	1,25	1,916667

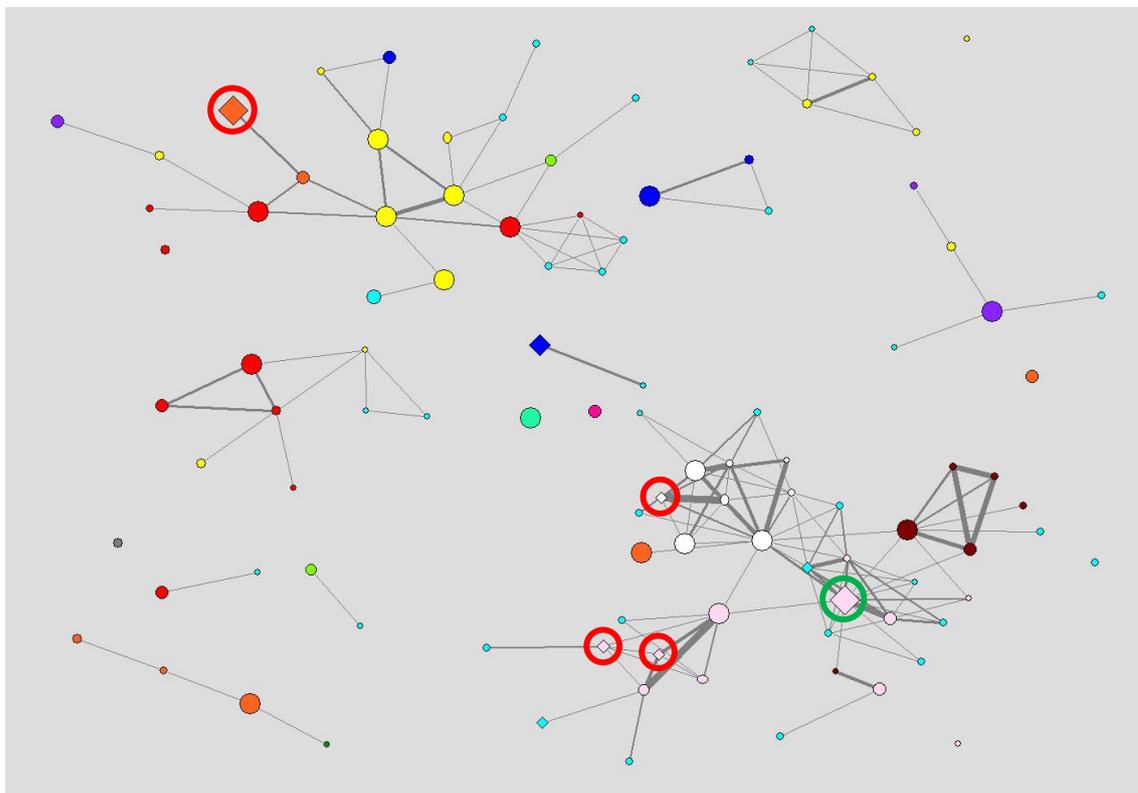


Figura 37 – EDU – 2006 - Nuovi Entranti

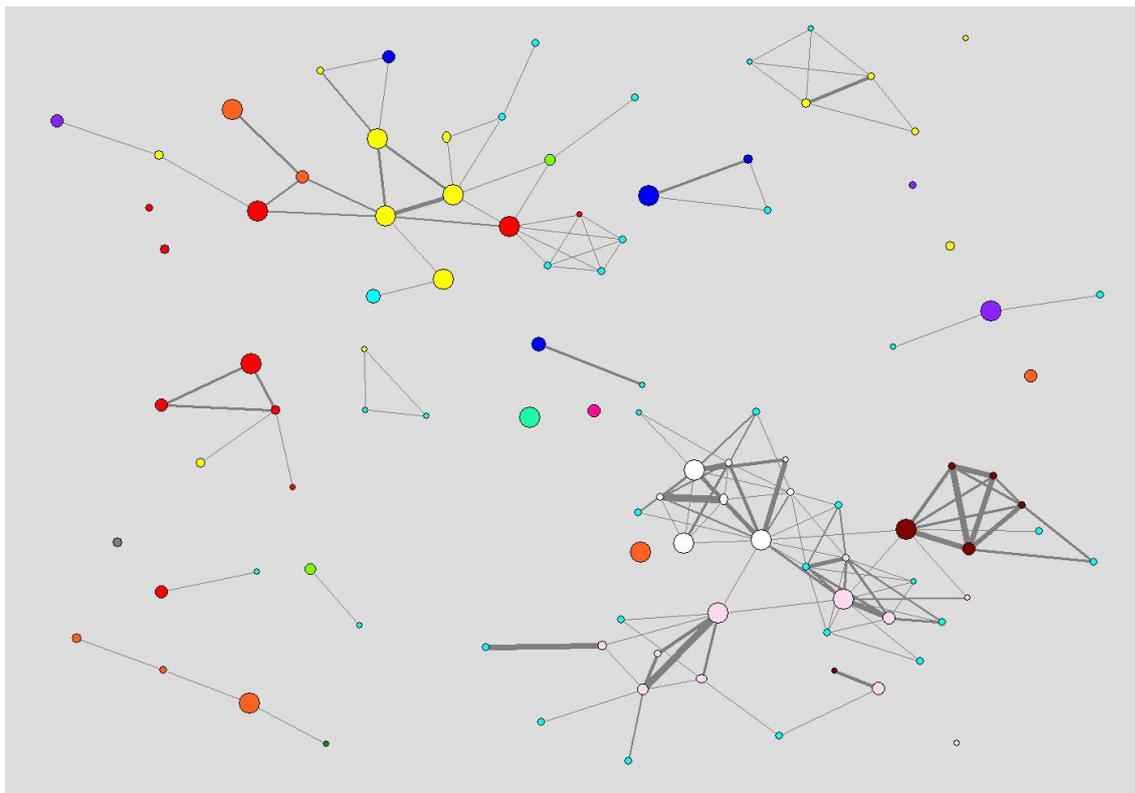


Figura 38 – EDU – 2007 - Nuovi Entranti

Dipartimento di Scienze Aziendali

Di seguito si riporta in Figura 39 la social network del dipartimento di Scienze Aziendali, dove i legami rappresentano un lavoro di ricerca prodotto in collaborazione e il colore dei nodi l'afferenza disciplinare, individuando con il giallo (diversamente dai casi precedenti) gli esterni al dipartimento. Per tali attori, pertanto, non è nota la Disciplina e non verranno considerati nello studio del pattern di omofilia. In questo dipartimento si nota la presenza di un corpus centrale fortemente connesso tra due afferenze disciplinari e alcuni gruppi che rimangono alla periferia. La rete è presenta sei componenti principali disconnessi l'uno dall'altro, ovvero con ricercatori che non hanno mai scritto lavori di ricerca assieme. Questo è un dipartimento che afferisce all'area delle scienze umane, che presenta, però, alcune caratteristiche che lo avvicinano a pattern di pubblicazione e collaborazione tipici di dipartimenti a carattere scientifico, ad esempio presenta un significativo tasso di articoli presentati in riviste con I.F. (circa il 10%) e un'alta tendenza alla collaborazione.

Nel periodo di indagine sono stati considerati 112 attori, che hanno prodotto un totale di 2068 lavori di ricerca registrati nella base dati. Gli attori sono stati suddivisi in 7 classi disciplinari e afferiscono a 7 facoltà distinte. Gli autori considerati sono in prevalenza maschi (69%) e l'età media al 2007 è di 35 anni, con il 33% di Professori Ordinari, il 27% di Professori Associati, il 32% di Ricercatori e l'8% di collaboratori esterni.

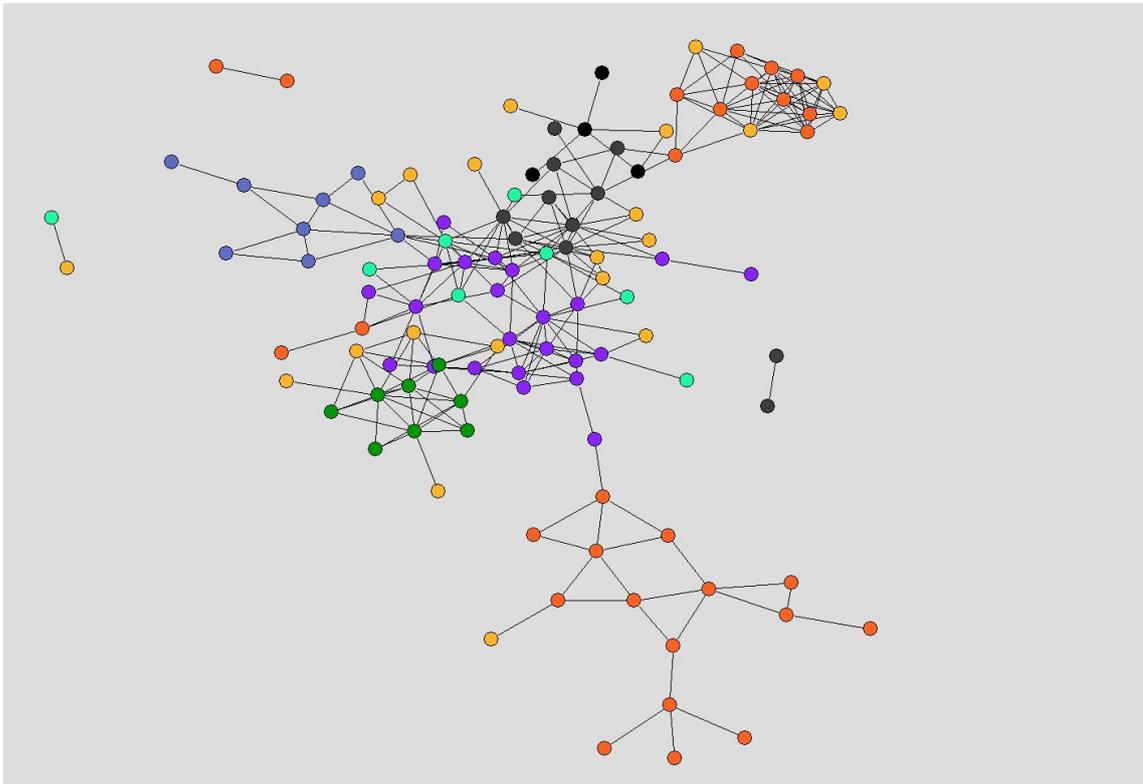


Figura 39 – DSA – Omofilia

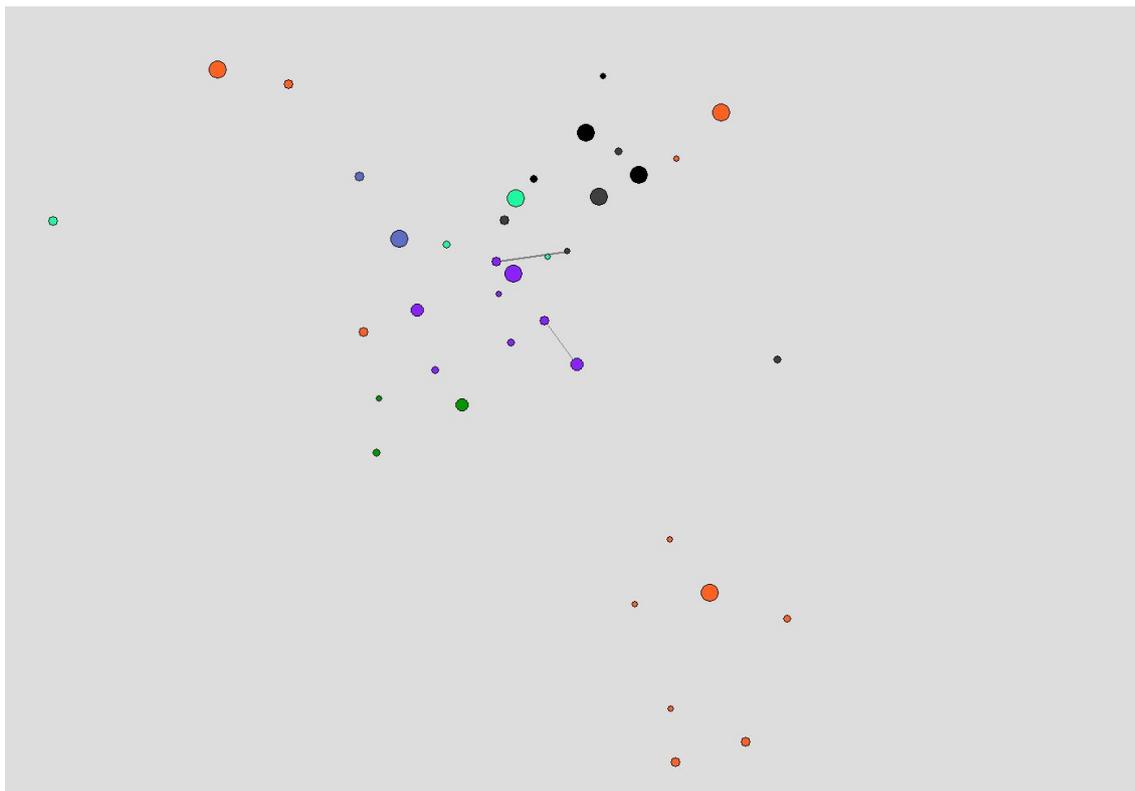


Figura 40 – DSA – 1996 - Situazione Iniziale

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
1997	1	1				1

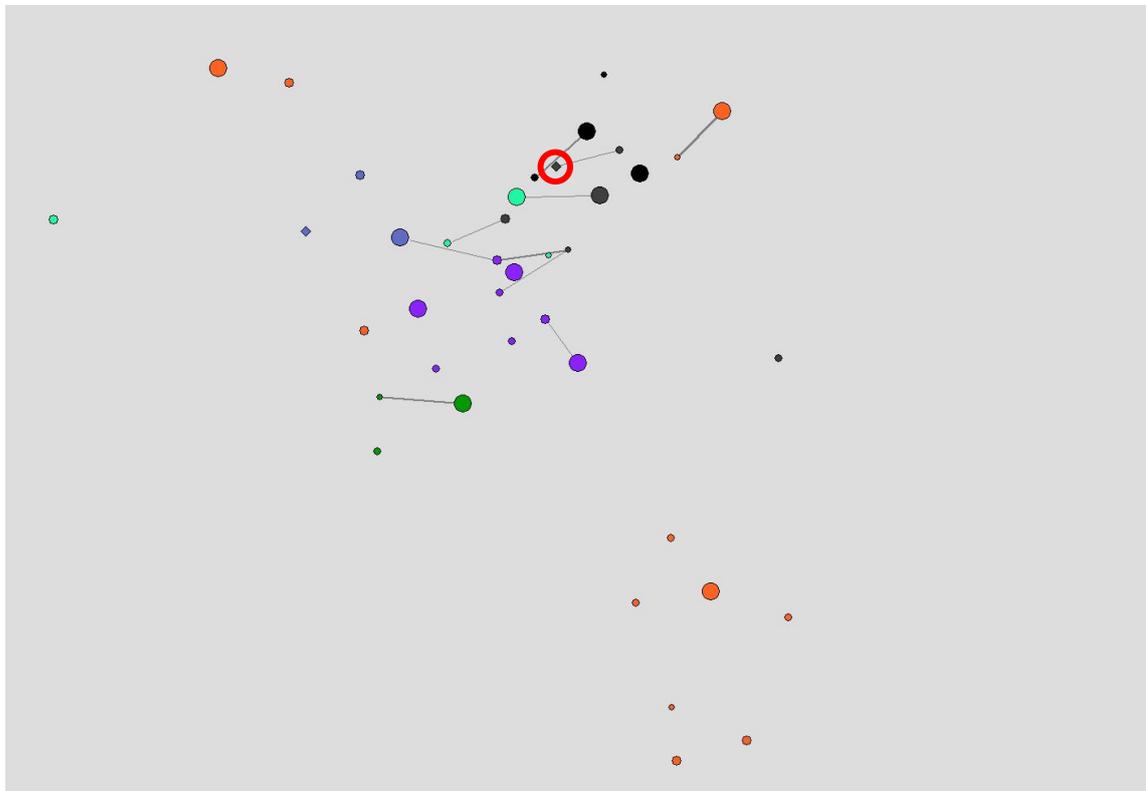


Figura 41 – DSA – 1997 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
1998	1	1		0,5		0,5

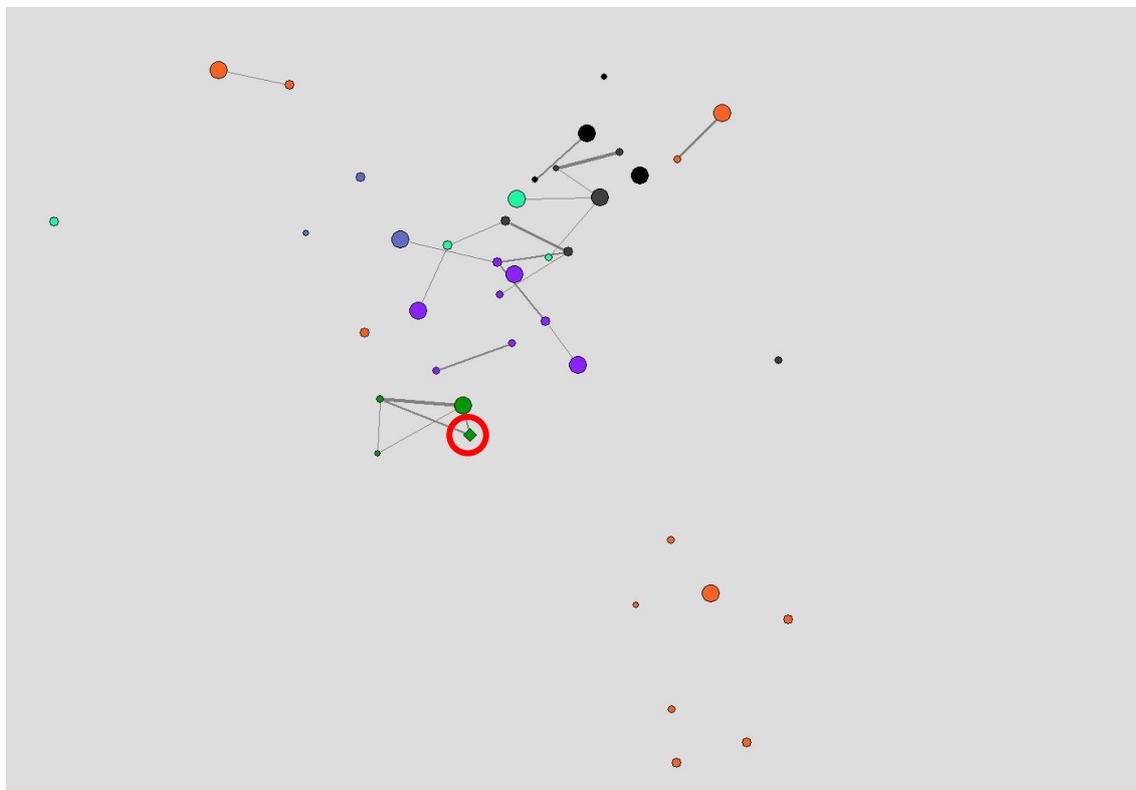


Figura 42 – DSA – 1998 - Nuovi Entranti

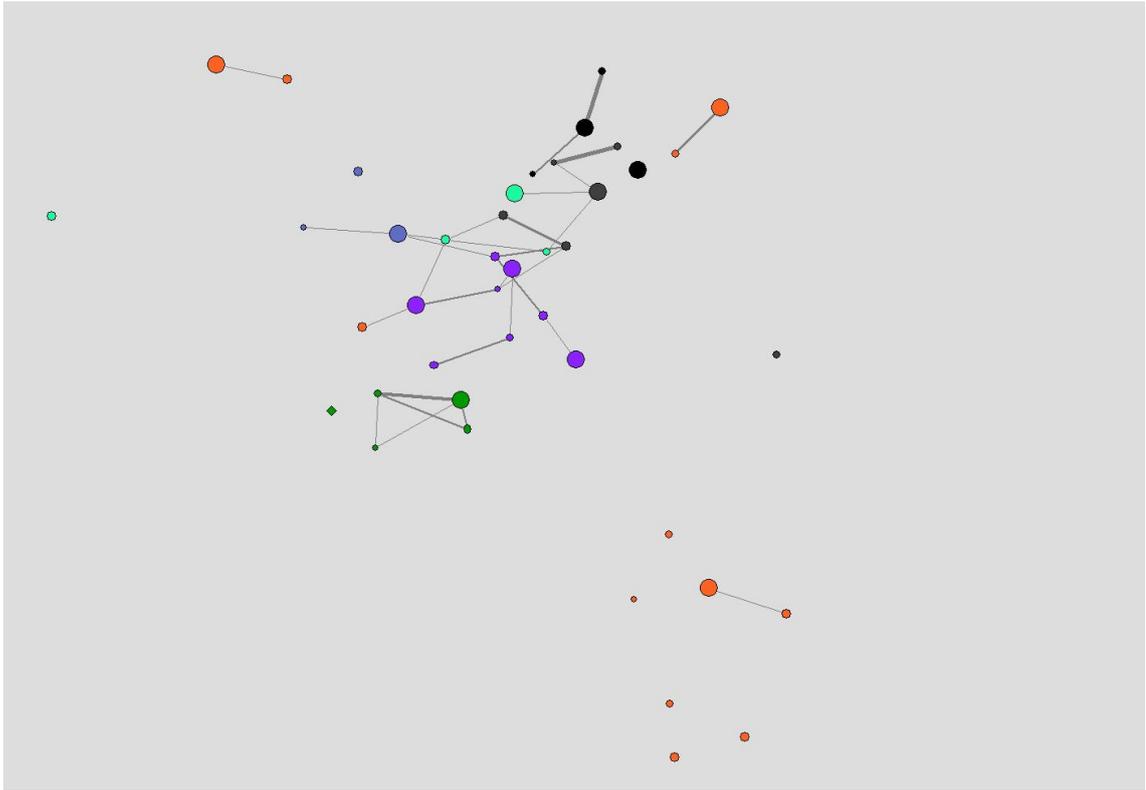


Figura 43 – DSA – 1999 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2000	4	3	1	0,916667	1,333333	1,75

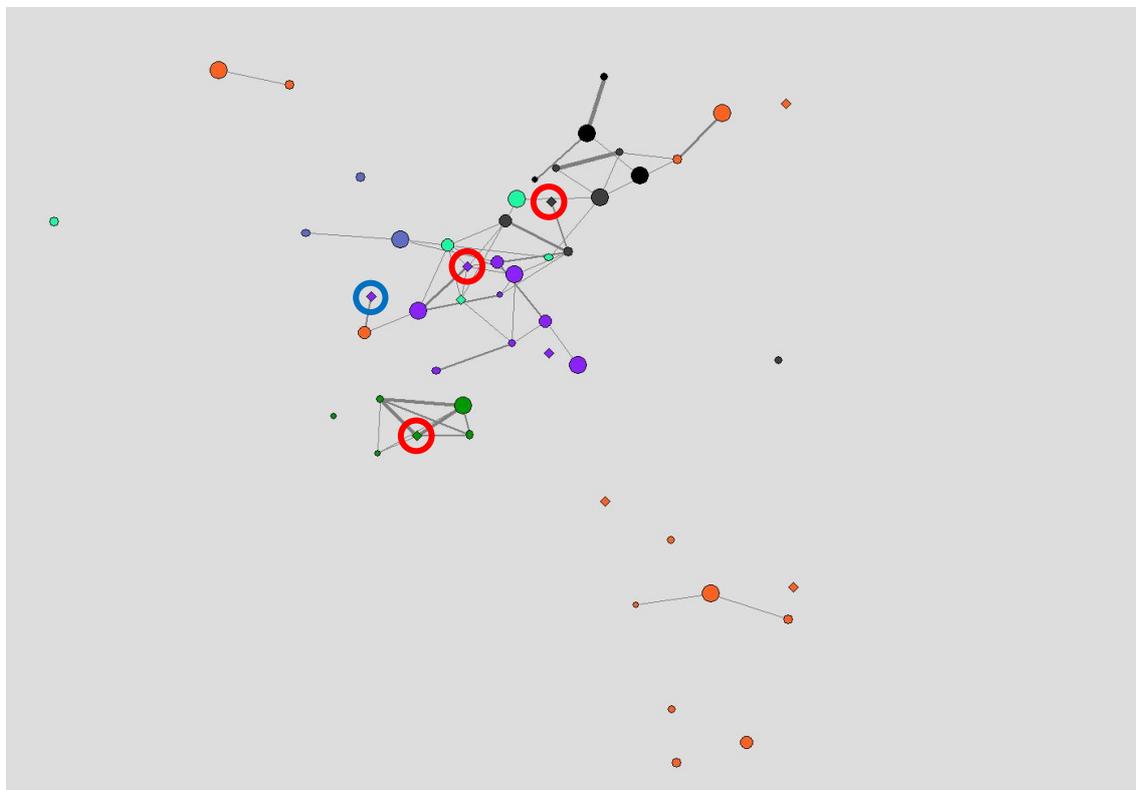


Figura 44 – DSA – 2000 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2001	2	2		1	0,5	0,5

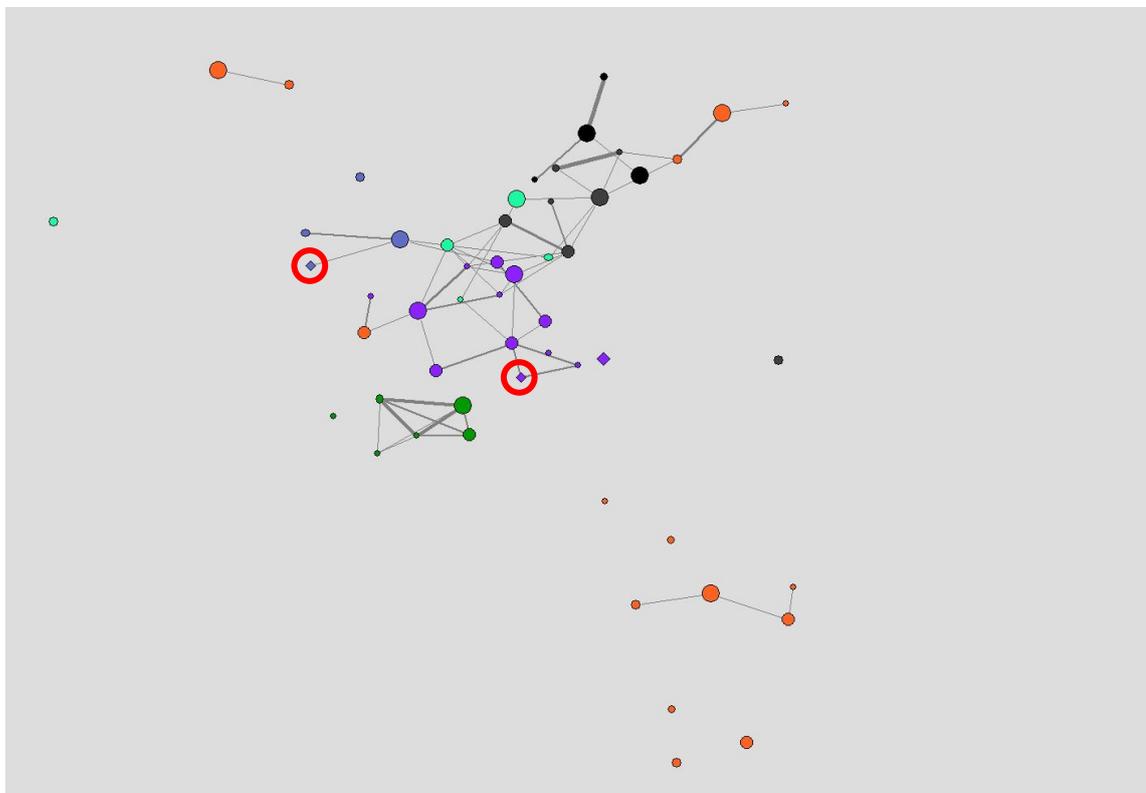


Figura 45 – DSA – 2001 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2002	7	6,75	0,25	3,583333	1,25	2,166667

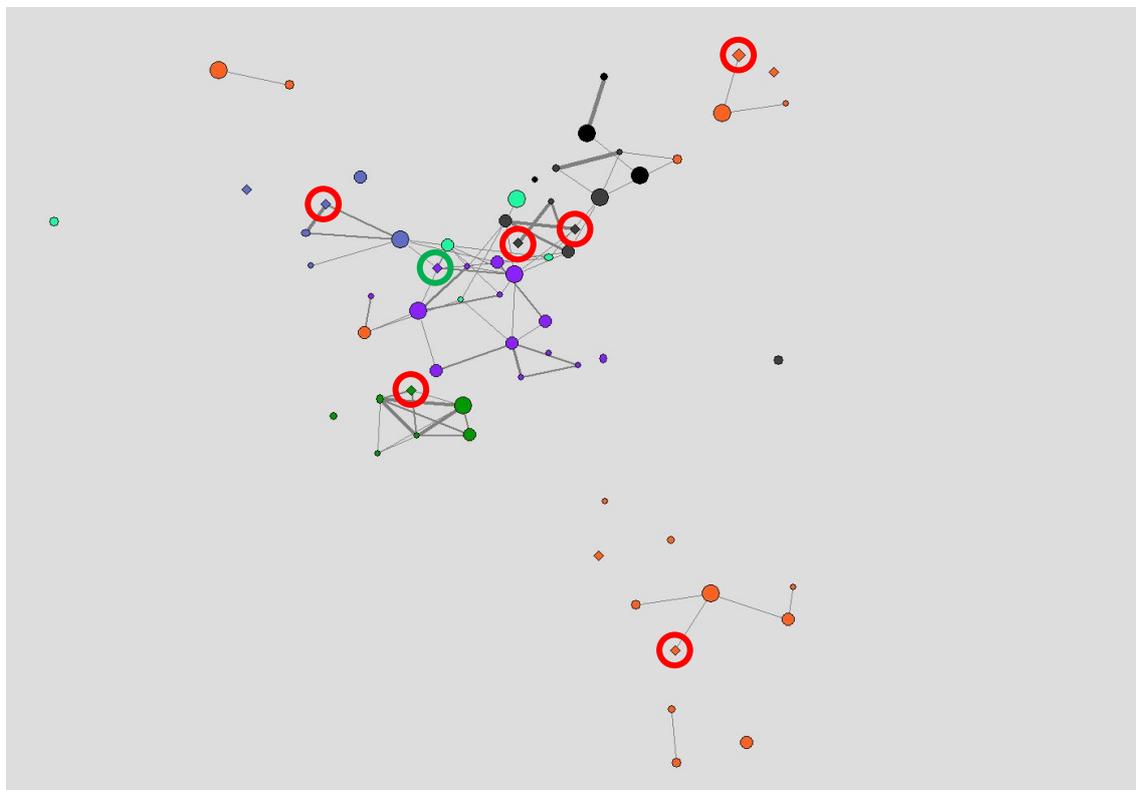


Figura 46 – DSA – 2002 - Nuovi Entranti

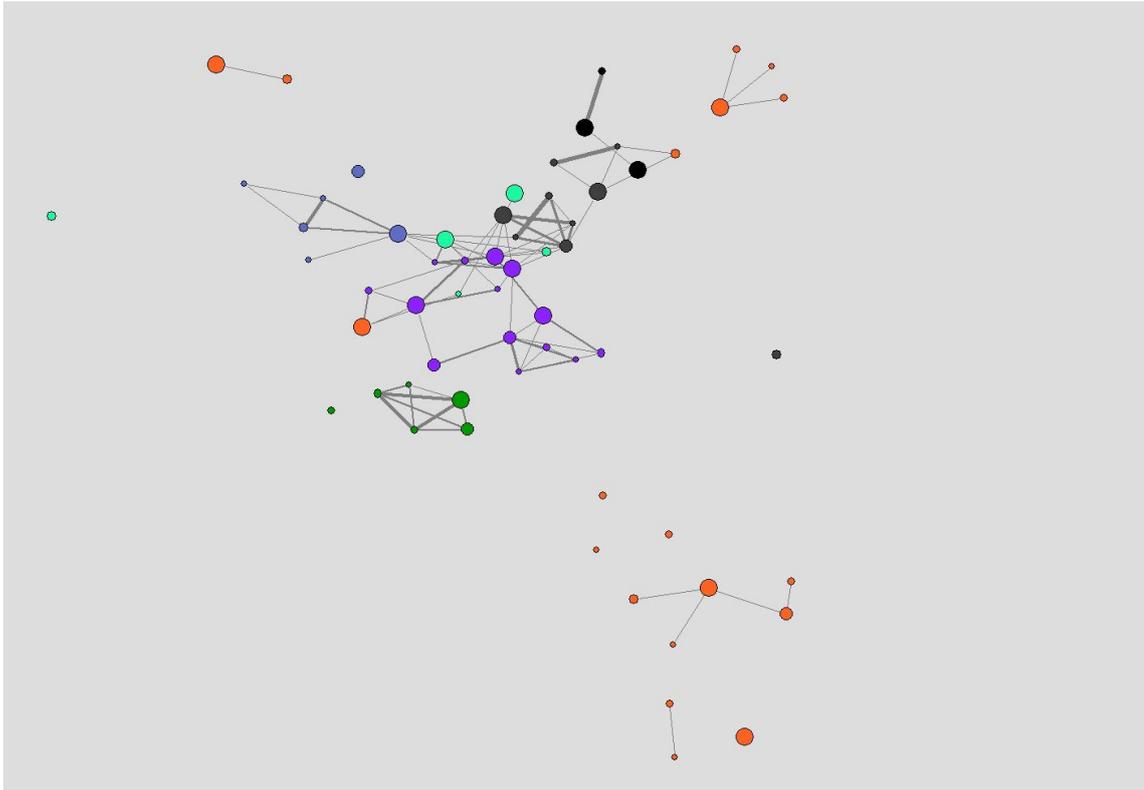


Figura 47 – DSA – 2003 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2004	2	1	1			2

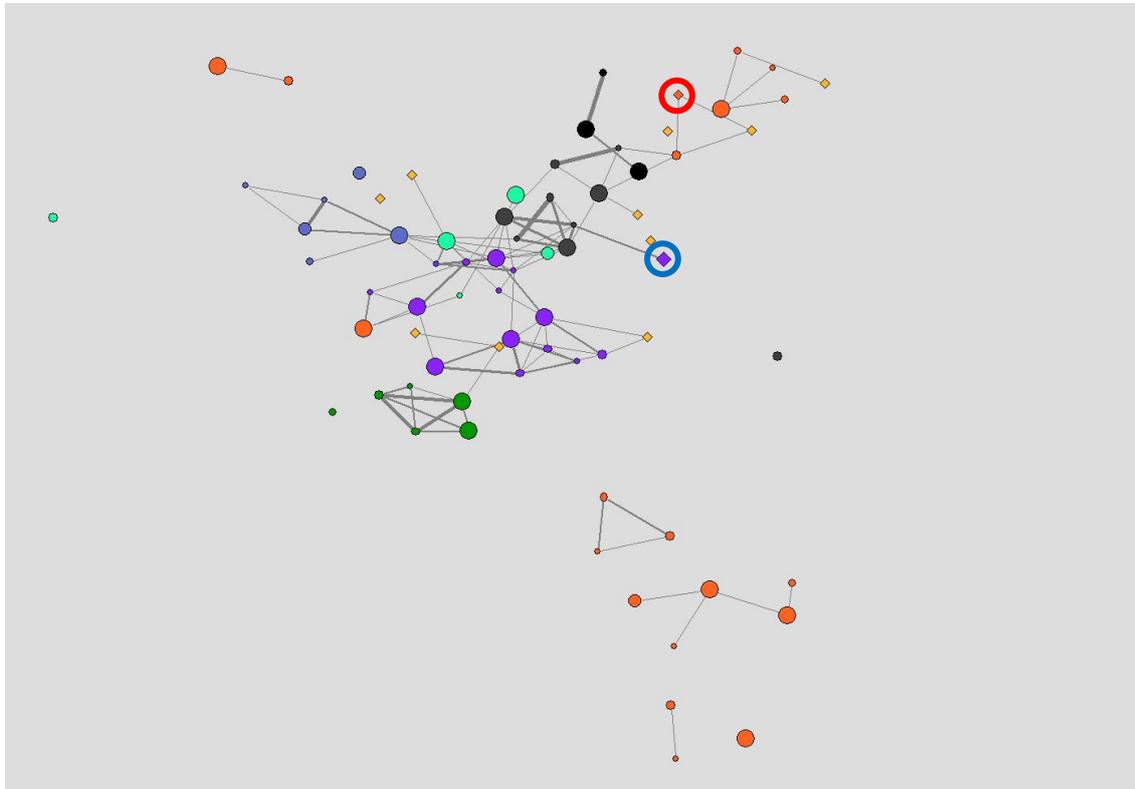


Figura 48 – DSA – 2004 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2005	5	4	1	1,333333	1	2,666667

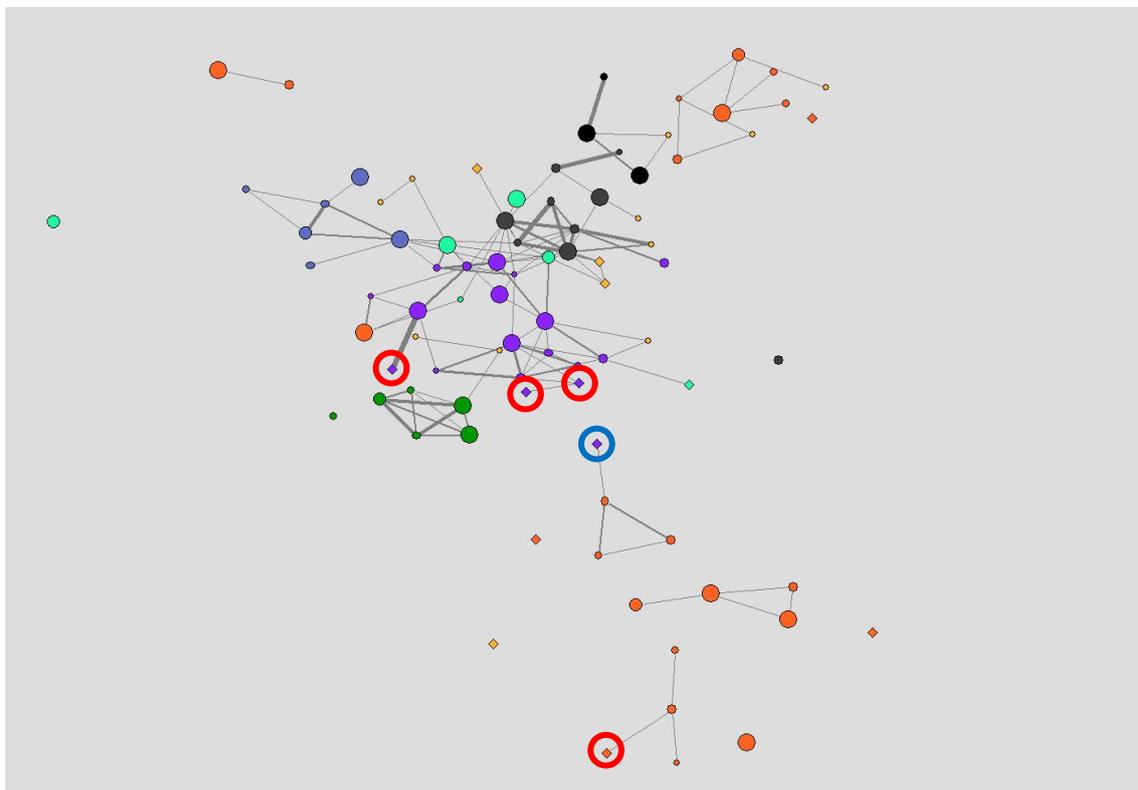


Figura 49 – DSA – 2005 - Nuovi Entranti

DSA	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2006	11	10,5	0,5	3,583333	1,333333	6,083333

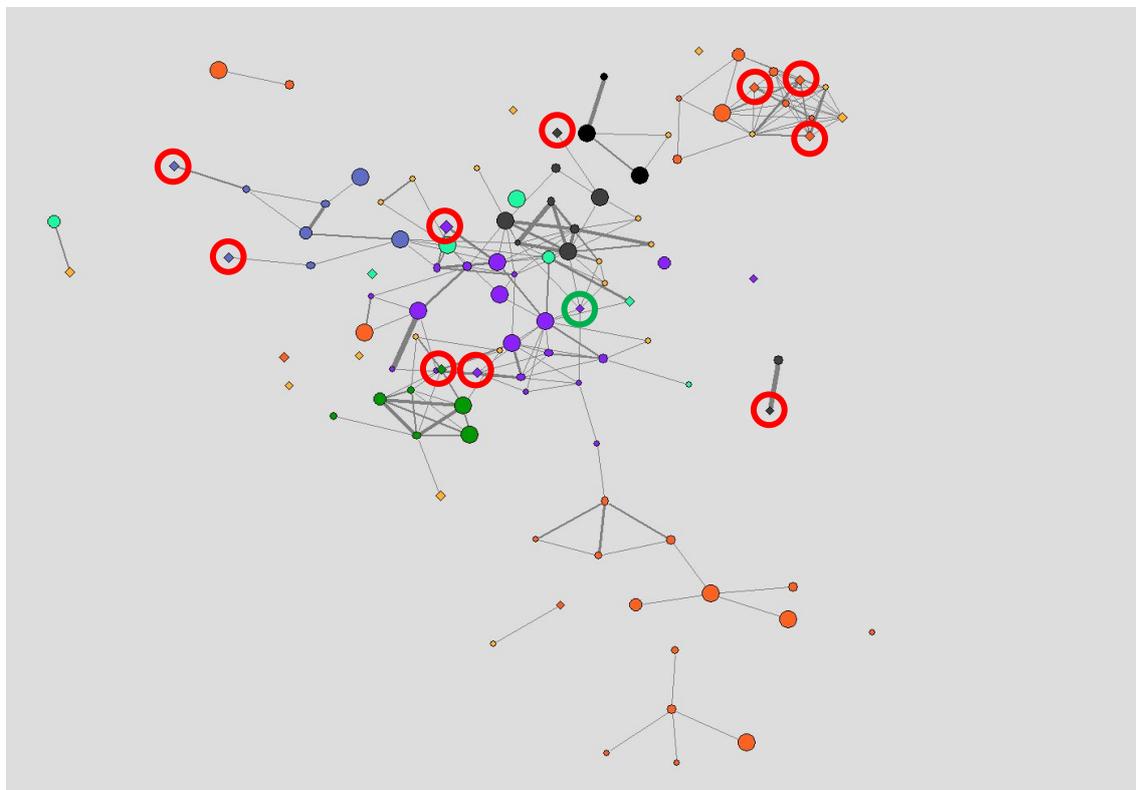


Figura 50 – DSA – 2006 - Nuovi Entranti

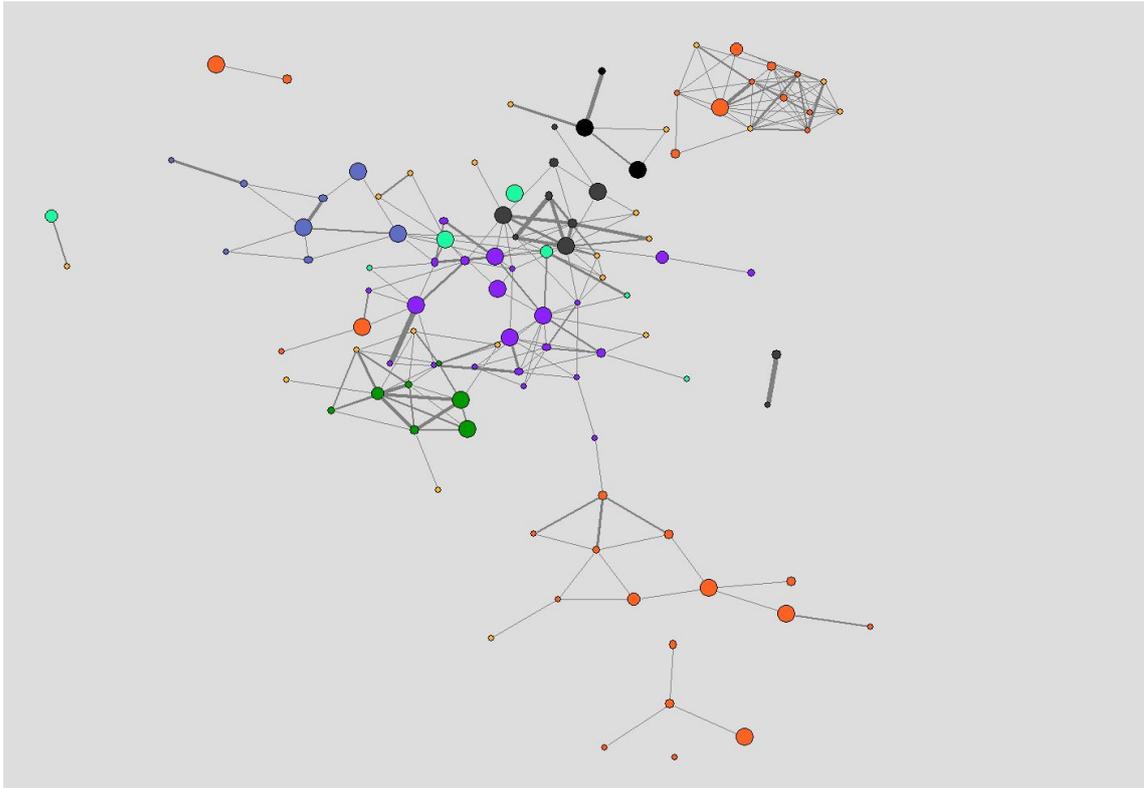


Figura 51 – DSA – 2007 - Nuovi Entranti

Dipartimento di Sociologia

Il dipartimento di Sociologia è stato aggiunto come ultimo dipartimento, per conseguire vari obiettivi: in primo luogo comprendere se i dipartimenti afferenti all'area delle scienze umane hanno comportamenti collaborativi omologhi; in secondo luogo per studiare l'evoluzione della collaborazione in un dipartimento che presentasse una dimensione inferiore rispetto agli altri tre; da ultimo per bilanciare l'analisi con un dipartimento che ha caratteristiche di collaborazione nella ricerca assimilabili ad una struttura tipicamente umanistica. Di seguito si riporta in Figura 52 la social network del dipartimento di Sociologia, dove i legami rappresentano un lavoro di ricerca prodotto in collaborazione e il colore dei nodi l'afferenza disciplinare, individuando con l'azzurro gli attori esterni al dipartimento. Per tali attori, pertanto, non è nota la Disciplina e non verranno considerati nello studio del pattern di omofilia. In questo dipartimento, analogamente al Dipartimento di Scienze dell'Educazione, si nota la presenza di piccoli gruppi coesi di colore omogeneo, con la presenza di triadi. Stante questa organizzazione in gruppi, considerate anche le piccole dimensioni, la rete risulta comunque organizzata in un unico componente connesso.

Nel periodo di indagine sono stati considerati 48 attori, che hanno prodotto un totale di 1865 lavori di ricerca registrati nella base dati. Gli attori sono stati suddivisi in 5 classi disciplinari e afferiscono a 5 facoltà distinte. Gli autori considerati sono in prevalenza maschi (67%) e l'età media al 2007 è di 41 anni, con il 26% di Professori Ordinari, il 31% di Professori Associati, il 34% di Ricercatori e il 9% di collaboratori esterni.

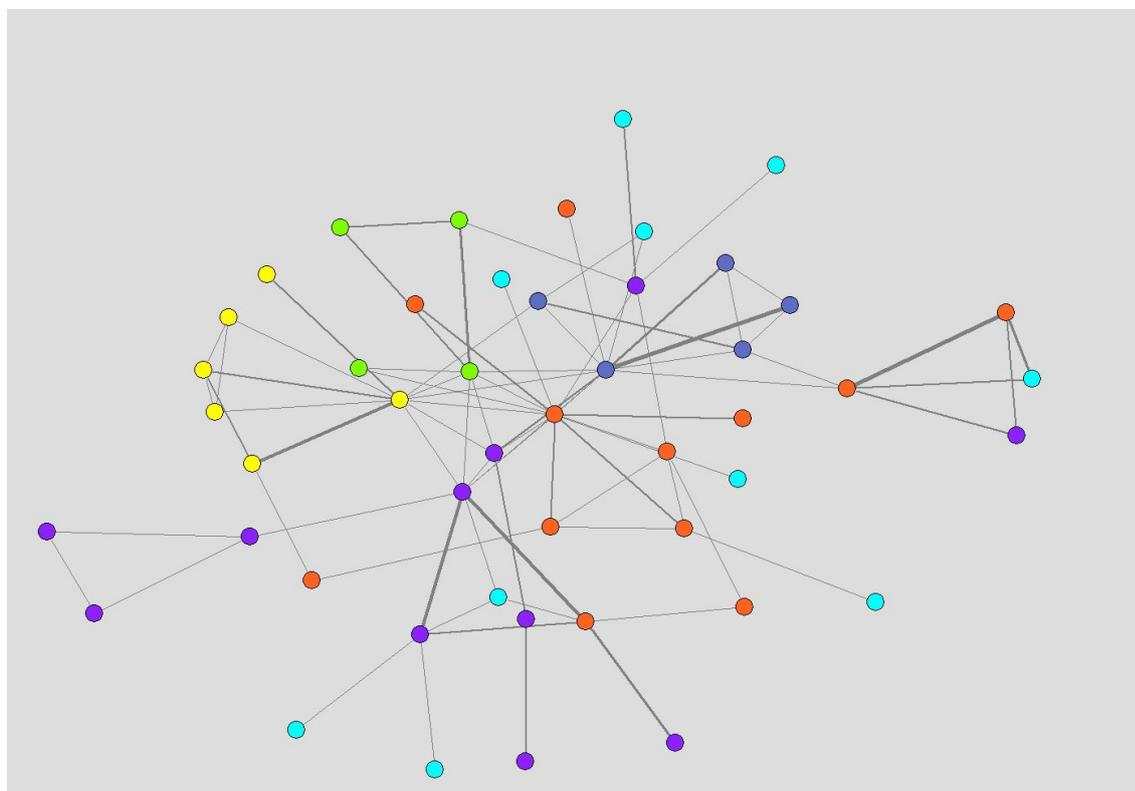


Figura 52 – SOC – Omofilia

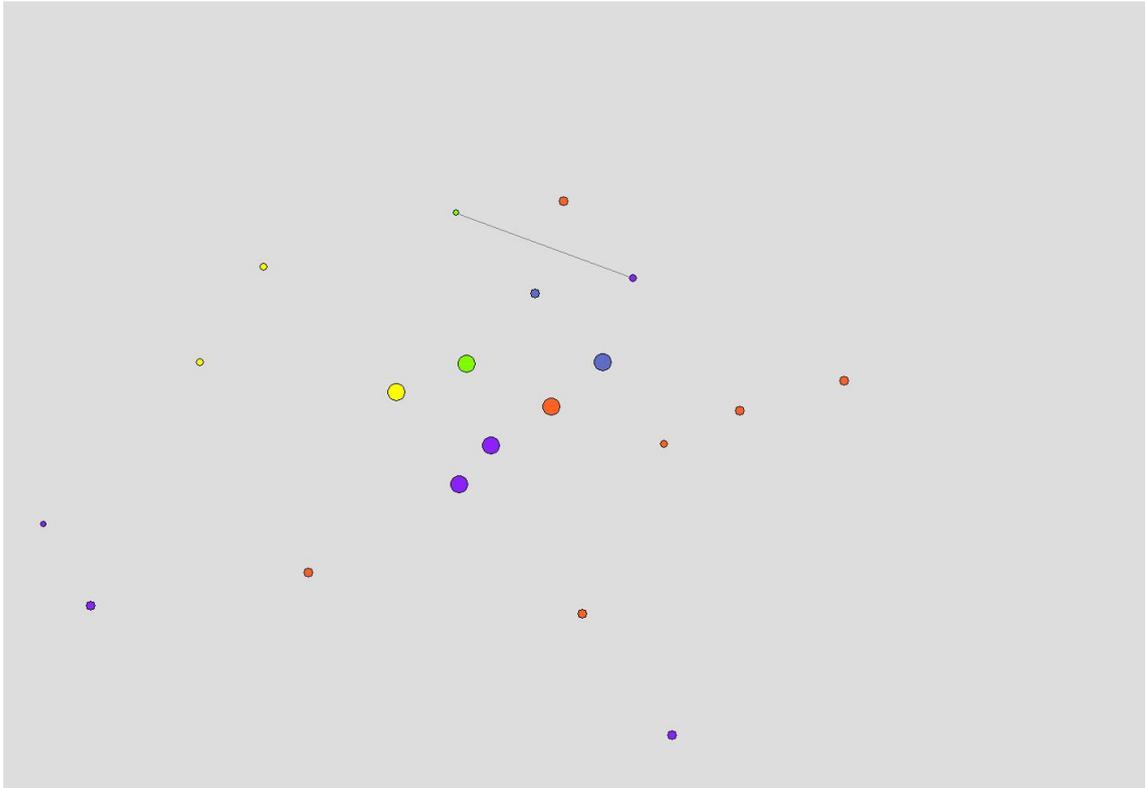


Figura 53 – SOC – 1996 - Situazione Iniziale

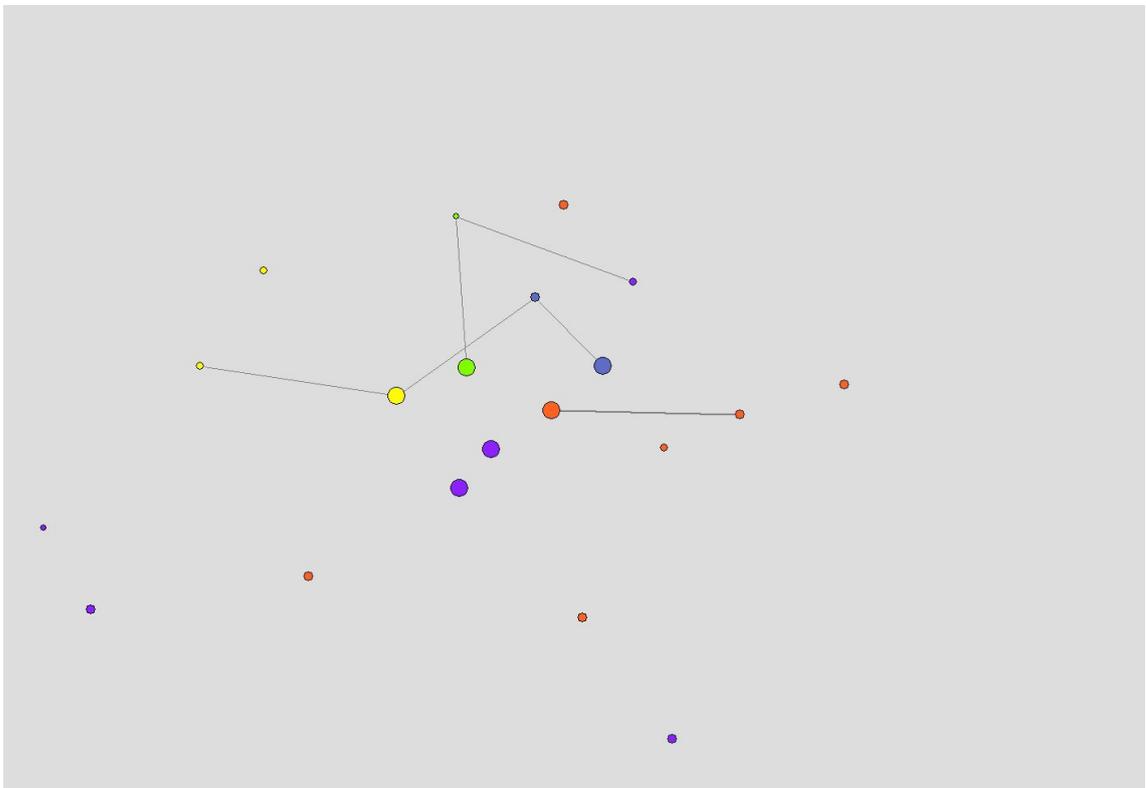


Figura 54 – SOC – 1997 - Nuovi Entranti

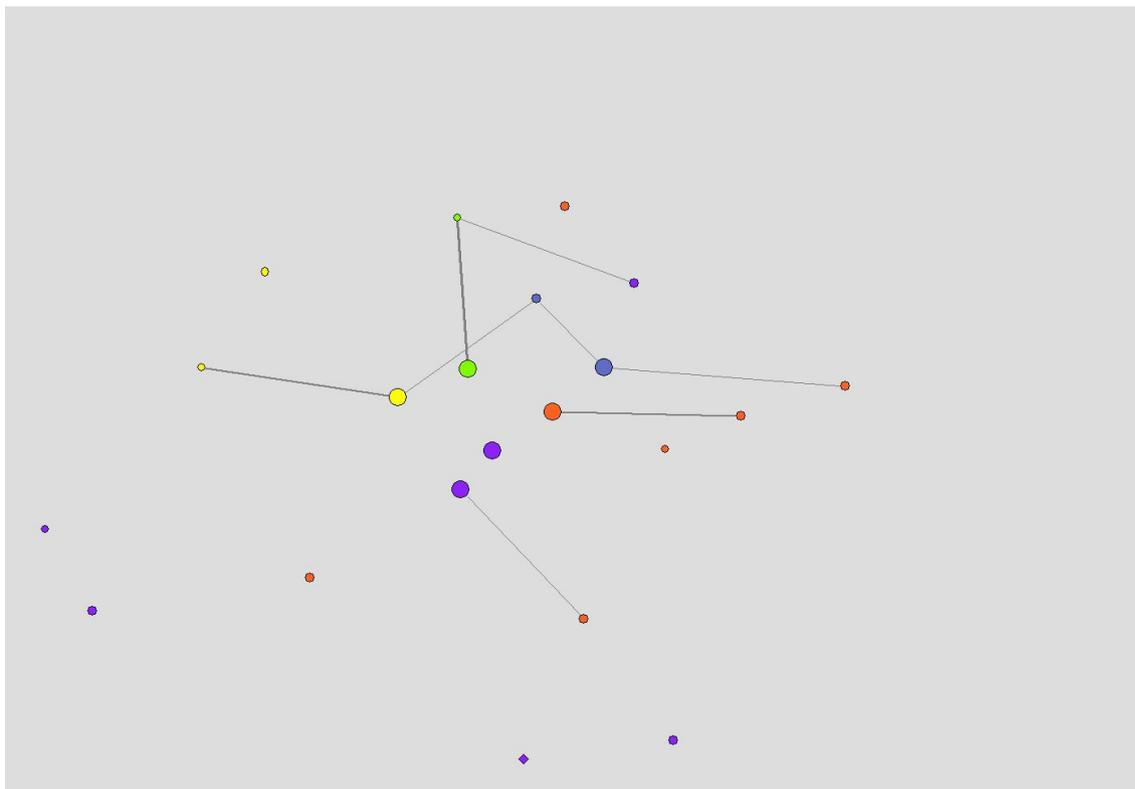


Figura 55 – SOC – 1998 - Nuovi Entranti

SOC	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
1999	1	1			1	

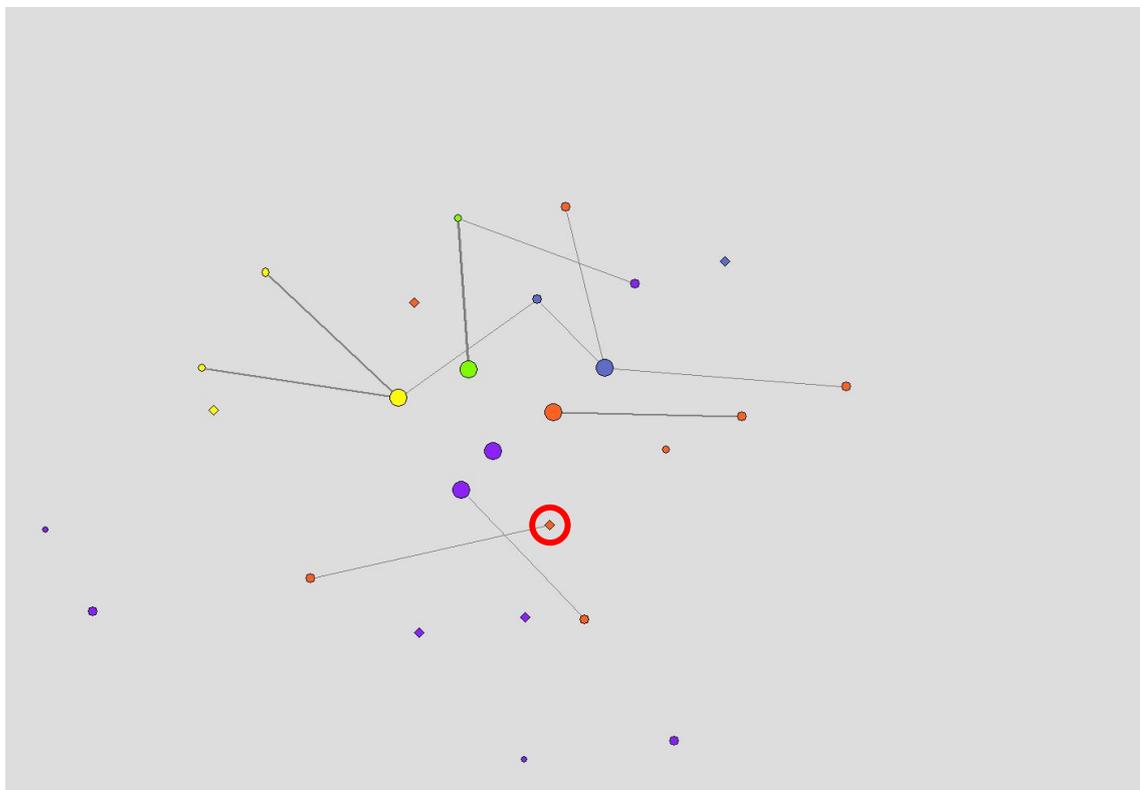


Figura 56 – SOC – 1999 - Nuovi Entranti

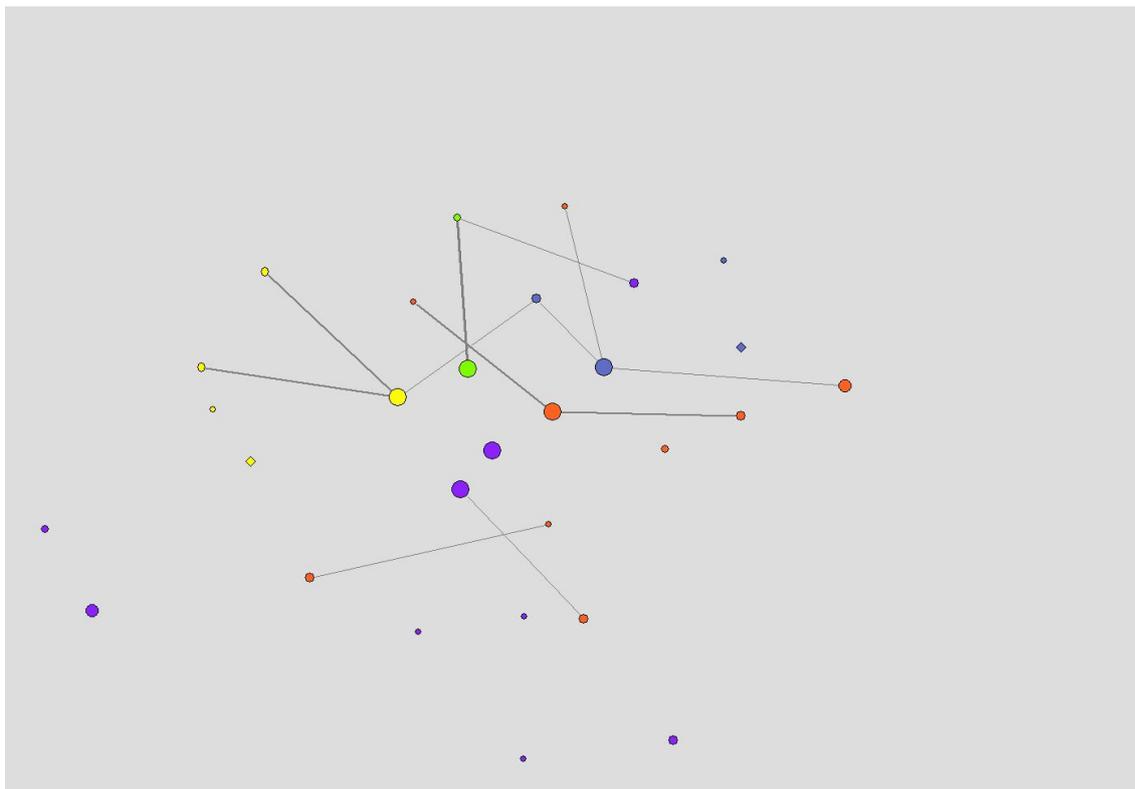


Figura 57 – SOC – 2000 - Nuovi Entranti

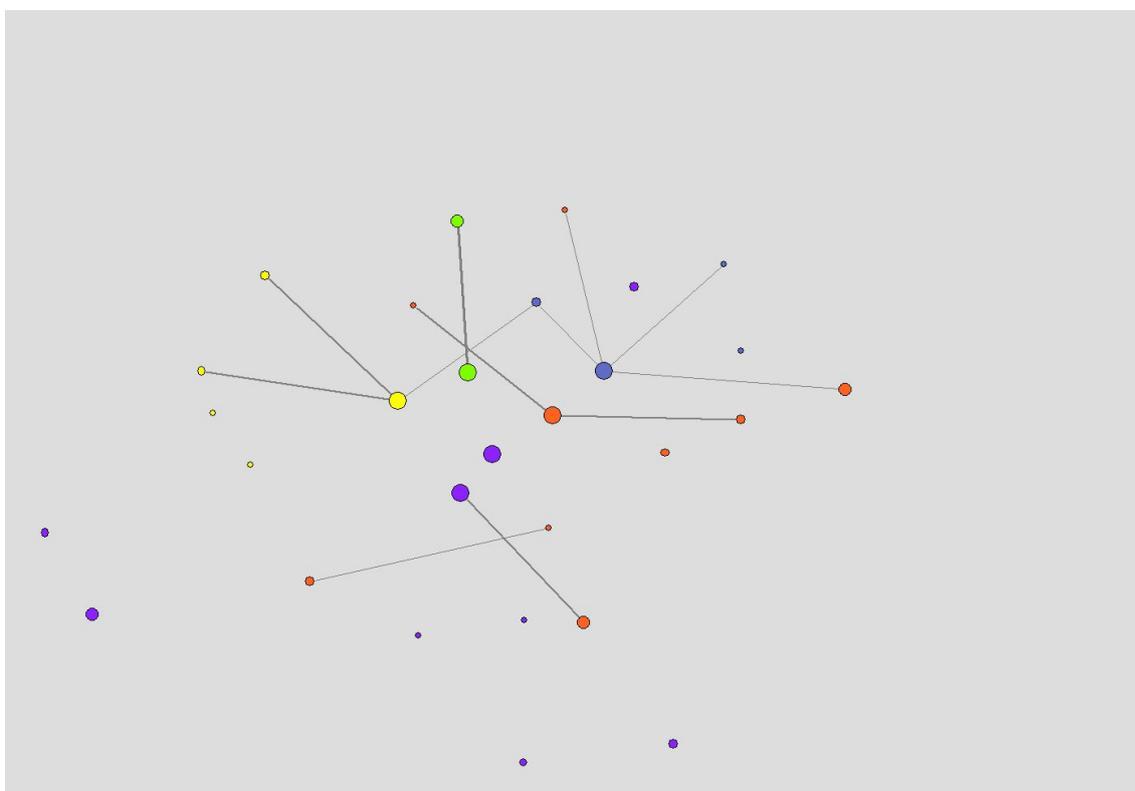


Figura 58 – SOC – 2001 - Nuovi Entranti

SOC	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2002	3	3		2	0,5	0,5

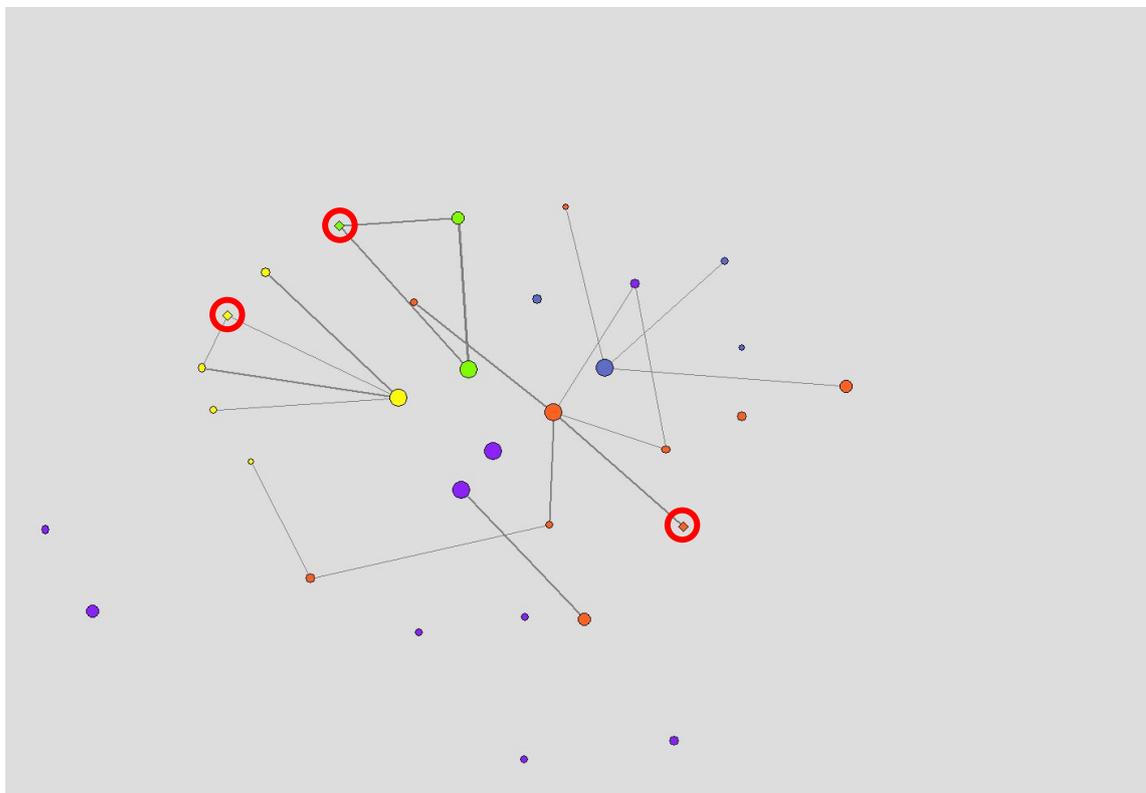


Figura 59 – SOC – 2002 - Nuovi Entranti

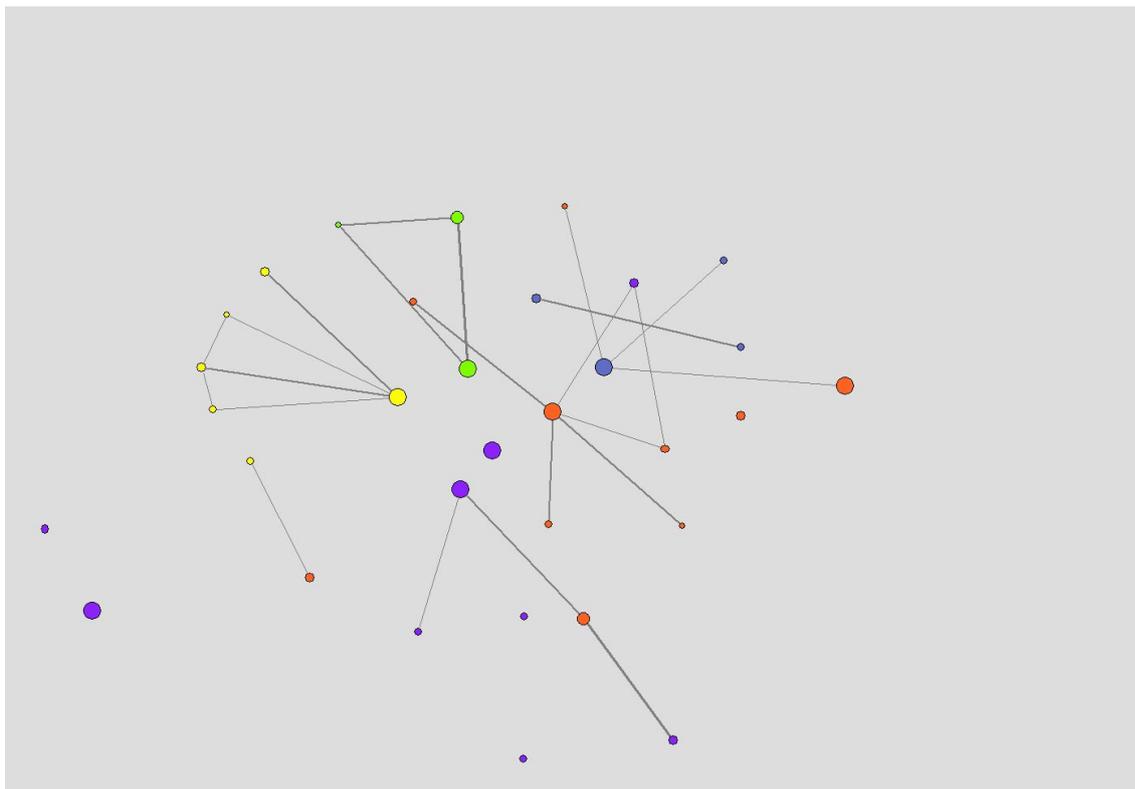


Figura 60 – SOC – 2003 - Nuovi Entranti

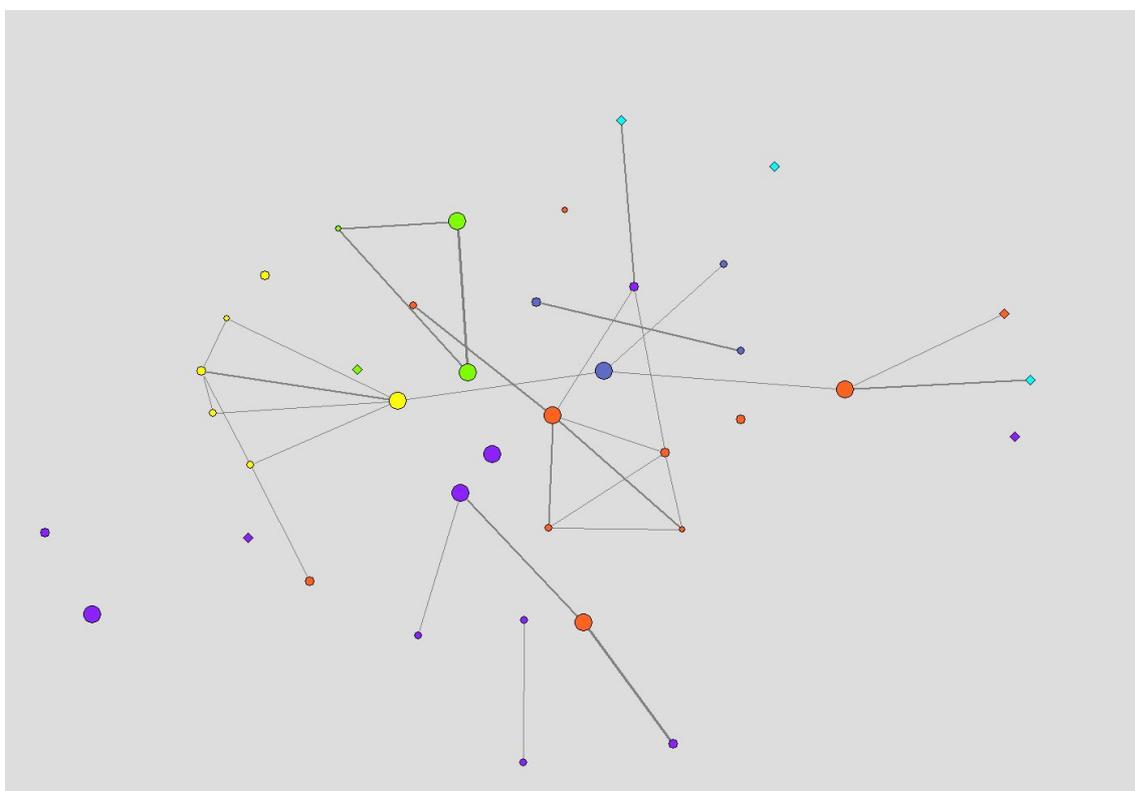


Figura 61 – SOC – 2004 - Nuovi Entranti

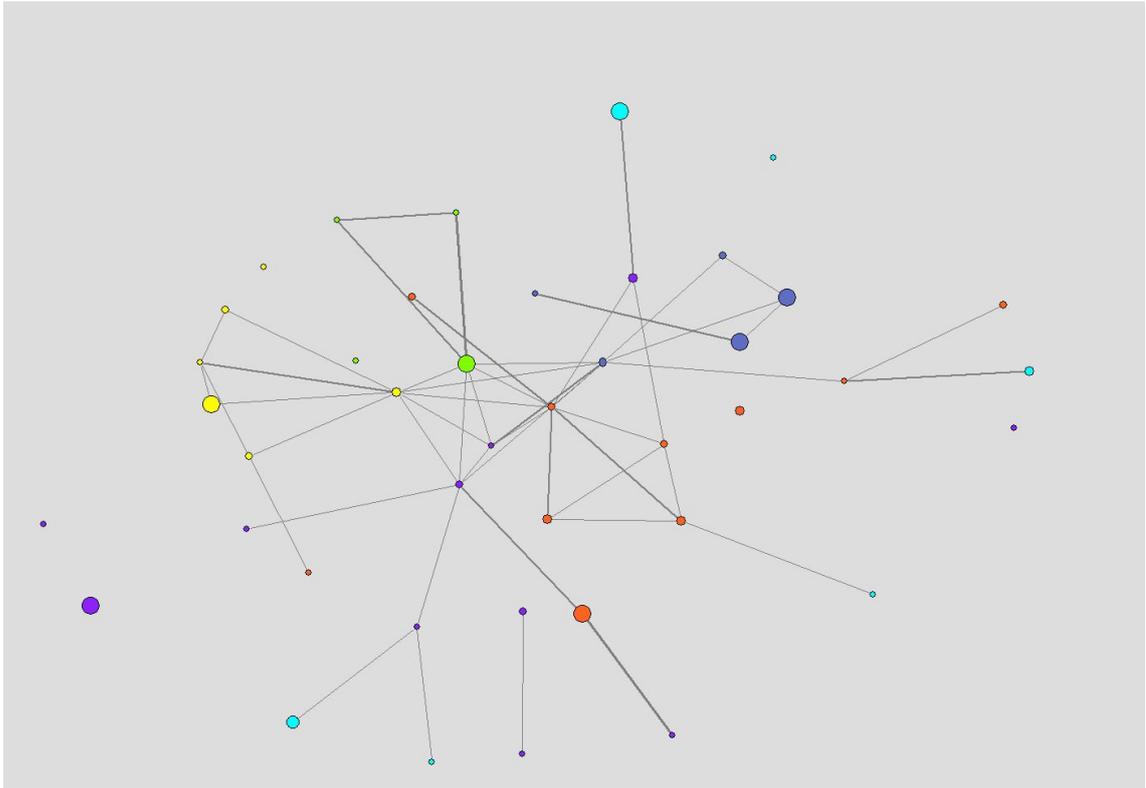


Figura 62 – SOC – 2005 - Nuovi Entranti

SOC	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
2006	1	1		1		

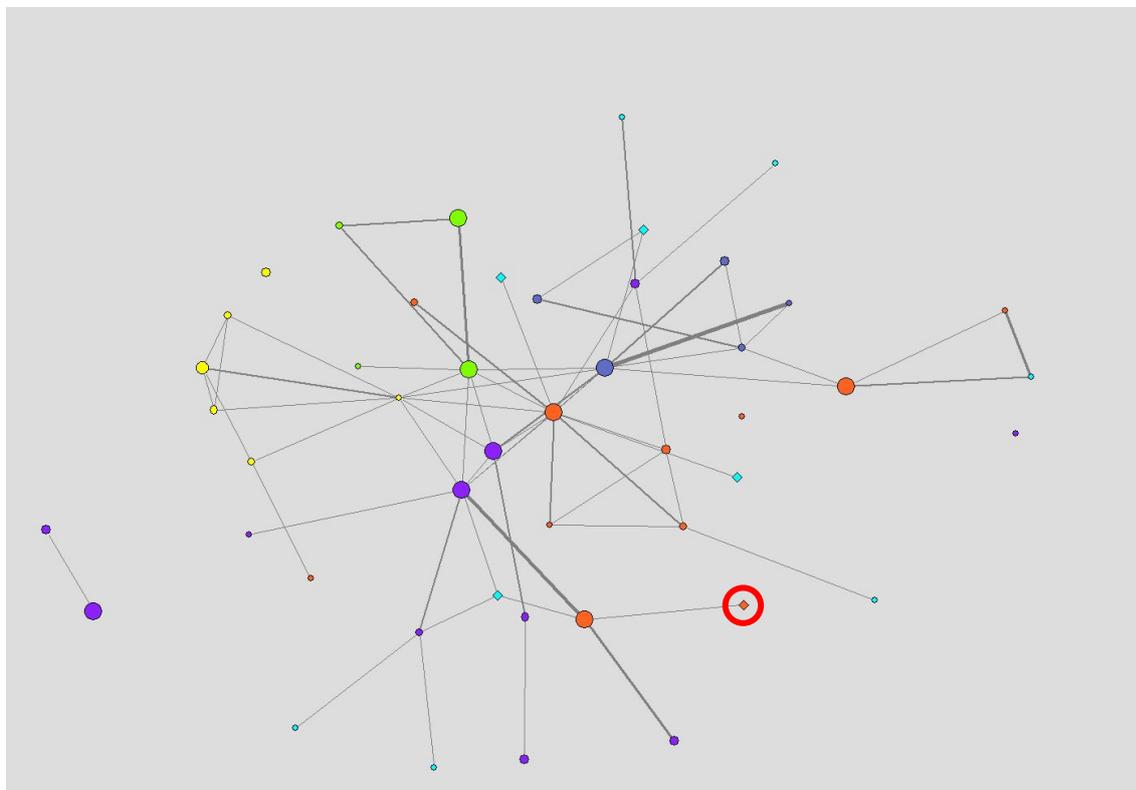


Figura 63 – SOC – 2006 - Nuovi Entranti

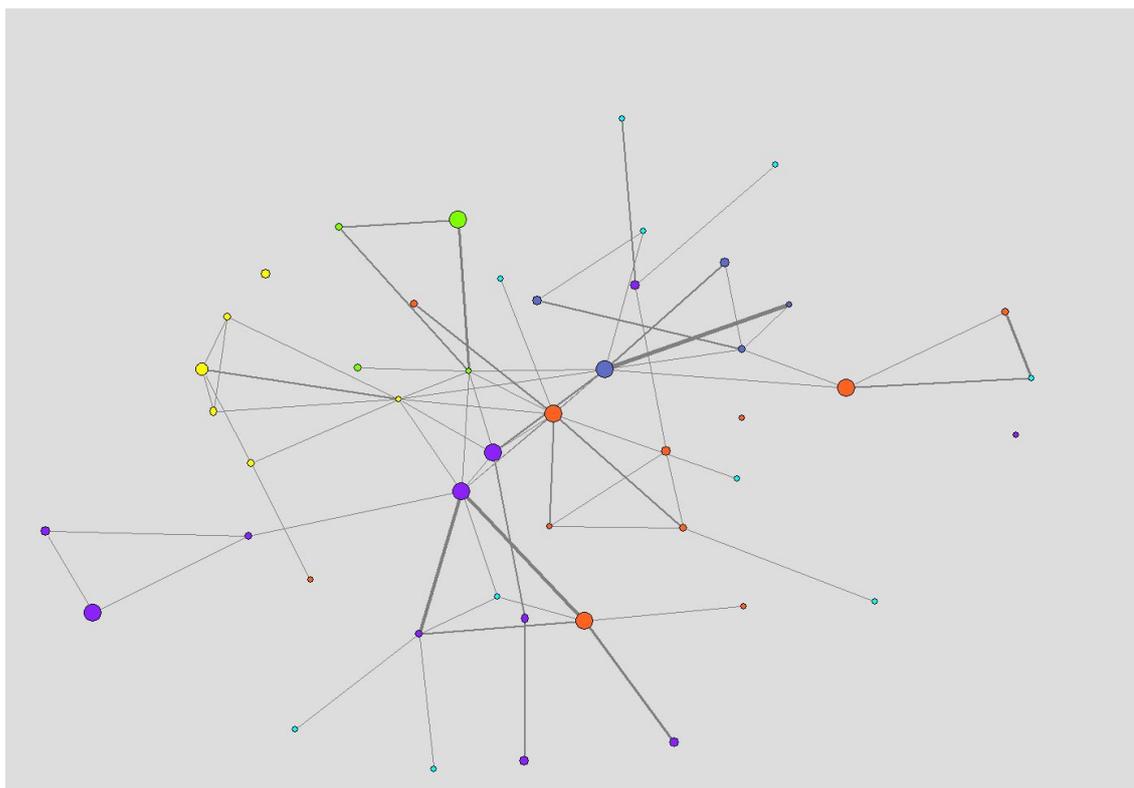


Figura 64 – SOC – 2007 - Nuovi Entranti

Tabella 17 - Omofilia, Funzionalità e Aspettative di status

	Attachment	Omofiliaci	Funzionali	Ordinari	Associati	Ricercatori
STAT	18	16,16667	1,833333	6,316667	5,45	6,233333
EDU	20	15,25	4,75	10,75	3,25	6
DSA	33	29,25	3,75	10,91667	5,416667	16,66667
SOC	5	5	0	3	1,5	0,5
Totale	76	65,66667	10,33333	30,98333	15,61667	29,4
Percentuale		86,4 %	13,6 %	40,8 %	20,5 %	38,7 %

Le immagini realizzate sono differenziate per cluster di colori omogenei, in aggiunta nell'entrata in un gruppo di ricerca l'omofilia risulta essere prevalente rispetto alla funzionalità. Dal punto di vista dello status, si nota come l'attachment avvenga con individui ad ogni livello di status, infatti le percentuali sopra riportate (40% per i Professori Ordinari, 20% per i Professori Associati e 40% per i Ricercatori) ricalcano la distribuzione dei livelli di carriera degli individui che sono presenti all'interno dei dipartimenti.

Simulation Investigation for Empirical Network Analysis (SIENA¹⁹)

Come presentato nel piano di analisi, preliminarmente all'avvio del test dei modelli, è stata svolta la procedura di *forward selection* di stima dei parametri per stimare il modello finale (Burk et al. 2007; Savoia 2007; Snijders et al. 2007; Steglich et al. 2004). Si riportano di seguito i risultati delle prime due fasi, in forma aggregata per tutti i dipartimenti oggetto di indagine. Si ricorda che nella prima fase viene verificato un modello di indipendenza diadica²⁰ per comprendere se vi è evidenza empirica di indipendenza del network. In questo caso uno score test eseguito sull'effetto di transitività che sia statisticamente significativo, indica che vi è interdipendenza nel network che va oltre quella prevista dalle sole relazioni diadiche. La seconda fase, poi, controlla se l'evoluzione del network e del comportamento sono indipendenti l'una dall'altro, cercando di verificare un modello nullo dove la dinamica del network e del comportamento sono poste indipendenti, attraverso la verifica dello score test sugli effetti del comportamento sulla struttura del network e, contemporaneamente, sugli effetti della struttura del network sull'evoluzione del comportamento.

Il primo modello testato è risultato statisticamente significativo per tutti e quattro i dipartimenti, come si può vedere dalla Tabella 18.

Tabella 18 - Indipendenza diadica

	$\chi^2(2)$	gradi di libertà	p-value
STAT	832,4089	2	0,0001
EDU	717,7697	2	0,0001
DSA	1.529,794	2	0,0001
SOC	12.229,848	2	0,0001

Questo indica che un modello che consideri solamente relazioni diadiche ed assuma indipendenza tra di esse non è adeguato a rappresentare i dati considerati.

Per questo si è proceduto ad includere gli effetti triadici appena testati all'interno del modello, in modo da controllare l'indipendenza tra network e comportamento, supponendo indipendenti l'effetto di selezione all'interno dei gruppi e l'effetto di influenza. Il risultato dei test eseguiti è riportato in Tabella 19.

¹⁹ SIENA è implementato in StocNet, un sistema open source per l'analisi statistica avanzata.

²⁰ Un modello di indipendenza diadica in generale è un modello semplice che include in genere gli effetti outdegree (density) e reciprocity, insieme ad uno dei tre effetti di chiusura (transitive triplets, balance o number of actors at distance 2), supponendo nulla la funzione di dotazione.

Tabella 19 - Indipendenza tra network e behavior

	$\chi^2(2)$	gradi di libertà	p-value
STAT	30,4679	2	0,0001
EDU	6,4551	2	0,0397
DSA	16,6529	2	0,0002
SOC	16,3788	2	0,0003

Lo score test è risultato statisticamente significativo per ciascuno dei dipartimenti considerati in questa analisi, indicando interdipendenza tra l'evoluzione del network e il comportamento. Questo garantisce l'analisi del modello completo, che include i parametri sopra descritti.

In particolare, risulta possibile studiare l'ipotesi H2, dove si postulava che l'aumento della performance dei singoli all'interno di un gruppo fosse correlata positivamente con l'evoluzione del network di ricercatori, attraverso l'analisi dell'effetto che descrive come la performance determina l'attività del network.

Per studiare come avviene l'evoluzione delle performance di un ricercatore che appartiene ad un gruppo, è necessario controllare per l'effetto di *behavioral similarity*, che indica la tendenza per gli attori di adottare il comportamento degli altri a cui sono collegati. In particolare, in questo lavoro di tesi, un valore positivo del parametro implica l'influenza del gruppo (l'insieme degli attori con cui è legato ego) sul comportamento dell'attore considerato (H3).

L'evoluzione del network considerata va dal 1997 al 2006 e, per esigenze descrittive e computazionali sono stati considerati intervalli di due anni, ovvero quattro periodi di analisi (si ricorda che il primo periodo viene utilizzato da SIENA come riferimento ed è escluso dalle analisi). In particolare tutte le analisi sono state condotte utilizzando alternativamente due modalità di misurare la performance. Il primo, A, dà ad ogni autore il punteggio pieno del lavoro di ricerca, indipendentemente dal numero di autori, mentre il secondo, B, tiene conto della suddivisione dei punteggi dei lavori di ricerca tra gli autori.

Si verifica che le due misure sono sostanzialmente equivalenti nella capacità di spiegazione dell'evoluzione del network, pertanto nel seguito si parlerà, genericamente, di performance.

Si riportano i risultati delle analisi dei singoli dipartimenti, che sono state eseguite aggiungendo al modello progressivamente parametri inerenti all'evoluzione del network e del comportamento come specificato nel piano di analisi, in modo da determinare iterativamente con precisione sempre maggiore la forza delle diverse componenti nei processi di selezione ed influenza.

I modelli che sono stati testati sono quattro. Il primo (Modello 1) è volto a confrontare gli aspetti di selezione e di influenza nell'evoluzione del network, in particolare, oltre agli effetti di chiusura transitiva, sono stati inseriti l'effetto di similarità nella performance, che, se positivo, indica il processo di selezione di un attore che presenta performance simili come partner – un cambio dei legami in conseguenza di una caratteristica individuale – e la somma degli effetti di

similarità nel comportamento rispetto ai legami di ego che, se positivo, indica l'influenza che la performance del gruppo ha su quella del singolo – un cambio della caratteristica individuale a fronte di quella che presenta il gruppo.

Il secondo modello (Modello 2), approfondisce il legame tra l'influenza e la chiusura transitiva, andando a studiare se, considerando gruppi coesi, risulta più significativo l'effetto di influenza.

Il terzo modello (Modello 3), studia l'effetto dell'influenza in modo approfondito, includendo alcuni effetti di controllo, come l'*average alter effect*, e l'*effect of the behavior Z on itself*. Questo modello vuole studiare con quali meccanismi avviene l'influenza, ovvero comprendere quanto è importante il legame individuale tra i ricercatori rispetto a quello con il gruppo ovvero considerare l'attitudine personale nel determinare quanto della performance che un ricercatore avrà nel futuro dipende dalle caratteristiche individuali rispetto all'operare all'interno di un gruppo di ricerca.

Il quarto modello (Modello 4) raffina ulteriormente i precedenti, studiando quali caratteristiche dei singoli attori spiegano la selezione e l'evoluzione del network, ovvero se genere, età e appartenenza ad una Facoltà influiscono sulla decisione di investire nella creazione di un legame di collaborazione.

Dal punto di vista dell'evoluzione del network le *rate function* descrivono il numero medio di cambiamenti tra due momenti temporali, mentre per quanto riguarda l'evoluzione del comportamento descrivono il numero medio di cambiamenti nel comportamento.

Dipartimento di Scienze Statistiche

Nella Tabella 20 sono presentate alcune statistiche descrittive inerenti alla struttura del network e ad alcune caratteristiche individuali.

Tabella 20 – STAT – Statistiche descrittive

	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006
Densità	0,007	0,009	0,009	0,013	0,017
Degree (medio)	0,786	1,043	1,026	1,504	2,017
numero di legami	46	61	60	88	118
Entrata		7	7	11	25
Uscita		4	0	3	9
Performance (media)	1.525	1.576	1.627	1.864	1.890

Di seguito vengono presentate le tabelle inerenti a tutti i modelli stimati per il Dipartimento di Scienze Statistiche.

Si noti, in Tabella 21 e Tabella 22, come sia l'effetto di selezione che quello di influenza risultino statisticamente significativi. In particolare, il segno negativo dell'effetto di selezione (*Perf similarity*) potrebbe essere interpretato come indice di una tendenza generale da parte di ogni attore di scegliere partner di ricerca con performance diverse dalle proprie, ovvero per attori ad alte performance di scegliere partner con basse performance e viceversa. L'effetto di *total similarity* positivo, invece, è indice di influenza delle performance del gruppo nei rispetti di quelle del singolo, caratteristica che verrà studiata nel seguito dell'analisi.

Tabella 21 – STAT – Selezione ed Influenza (A)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value ²¹
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	5,7108	1,7744	
2. rate: constant network rate (period 2)	7,7542	1,2514	
3. rate: constant network rate (period 3)	6,5767	1,3341	
4. rate: constant network rate (period 4)	4,455	0,6315	
5. eval: degree (density)	-1,6792	0,0676	24,84*
6. eval: transitive triads	0,5733	0,1149	4,99*
7. eval: transitive ties	0,9738	0,1572	6,195*
8. eval: Perf3 similarity	-1,3793	0,426	3,238***
Behavior Dynamics			

²¹ I t-value si riferiscono a test basati su t-ratio, definiti come la stima del parametro divisa per il suo errore standard.

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01; ****p<0.001

9. rate: rate Perf3 period 1	3,0886	0,8336	
10. rate: rate Perf3 period 2	3,9716	1,8202	
11. rate: rate Perf3 period 3	4,4691	1,0697	
12. rate: rate Perf3 period 4	2,9069	0,5345	
13. eval: behavior Perf3 tendency	0,0868	0,0652	1,331*
14. eval: behavior Perf3 total similarity	1,0379	0,3183	3,261**

Tabella 22 – STAT – Selezione ed Influenza (B)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	6,2141	1,3714	
2. rate: constant network rate (period 2)	9,9511	2,1906	
3. rate: constant network rate (period 3)	6,9895	1,2669	
4. rate: constant network rate (period 4)	4,9689	0,7378	
5. eval: degree (density)	-1,4613	0,097	15,065*
6. eval: transitive triads	0,9033	0,0957	9,439**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2592	0,0652	3,975**
8. eval: same Discipline	0,8068	0,0889	9,075**
9. eval: Perf2 similarity	-1,1827	0,399	2,964**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	3,5152	1,0211	
11. rate: rate Perf2 period 2	5,1591	2,3714	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,8416	0,7187	
13. rate: rate Perf2 period 4	3,1141	0,6383	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,0862	0,0588	1,466**
15. eval: behavior Perf2 total similarity	0,9409	0,2735	3,44**

Nelle tabelle che seguono (Tabella 23 e Tabella 24) viene studiata l'influenza rispetto alla chiusura transitiva, in particolare l'effetto più significativo è quello che misura la tendenza degli attori di tenere i propri collaboratori a distanza 2, infatti il segno negativo di questo parametro è indice di una tendenza a non preferire relazioni indirette con gli altri. L'effetto di influenza rimane presente e significativo all'interno di questo modello.

Tabella 23 – STAT – Influenza e Chiusura Transitiva (A)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,1092	2,0452	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,1328	2,0498	
3. rate: constant network rate (period 3)	8,0435	1,6963	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,1044	1,0825	

5. eval: degree (density)	-1,3745	0,1124	12,229*
6. eval: transitive triads	0,8459	0,1096	7,718
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2686	0,0702	3,826**
8. eval: same Discipline	0,7618	0,0783	9,729
9. eval: Perf3	-0,1206	0,07	1,723*
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	3,3256	1,6725	
11. rate: rate Perf3 period 2	4,3897	0,9485	
12. rate: rate Perf3 period 3	5,2382	2,2788	
13. rate: rate Perf3 period 4	3,2116	1,1061	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,0913	0,0591	1,545*
15. eval: behavior Perf3 total similarity	1,0857	0,3693	2,94*

Tabella 24 – STAT – Influenza e Chiusura Transitiva (B)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,0096	1,6491	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,1363	2,4416	
3. rate: constant network rate (period 3)	8,0591	1,67	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,195	0,7441	
5. eval: degree (density)	-1,3681	0,095	14,401**
6. eval: transitive triads	0,8182	0,0987	8,29**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2733	0,0594	4,601**
8. eval: same Discipline	0,7609	0,0765	9,946**
9. eval: Perf2	-0,1156	0,0656	1,762**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	3,7716	1,255	
11. rate: rate Perf2 period 2	5,671	1,9677	
12. rate: rate Perf2 period 3	3,0569	0,7552	
13. rate: rate Perf2 period 4	3,3515	0,782	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,0853	0,0581	1,468**
15. eval: behavior Perf2 total similarity	1,0203	0,2788	3,66***

Nei prospetti sotto riportati (Tabella 25 e Tabella 26) è stato approfondito l'effetto di influenza, scomponendolo in alcune componenti. In particolare, pur rimanendo significativo l'effetto del gruppo, sia dal punto di vista di chiusura transitiva che di similarità, risultano significativi anche gli effetti derivanti dall'influenza esercitata dai singoli partner di ego (*behavior Perf average alter*) e l'influenza derivante dalla performance stessa dell'attore considerato (*behavior Perf: effect from Perf*).

Tabella 25 – STAT – Influenza approfondito (A)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,247	1,8097	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,5455	2,7197	
3. rate: constant network rate (period 3)	8,2774	1,8251	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,1639	0,8329	
5. eval: degree (density)	-1,3453	0,1082	12,433***
6. eval: transitive triads	0,8072	0,1041	7,754***
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2838	0,0653	4,346***
8. eval: same Discipline	0,7595	0,0771	9,851**
9. eval: Perf3	-0,1448	0,0815	1,777***
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	2,9241	0,8606	
11. rate: rate Perf3 period 2	4,2109	1,4602	
12. rate: rate Perf3 period 3	4,172	1,4014	
13. rate: rate Perf3 period 4	2,6969	0,6665	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,3624	0,1218	2,975***
15. eval: behavior Perf3 total similarity	0,7317	0,3707	1,974**
16. eval: behavior Perf3 average alter	-0,4079	0,2293	1,779**
17. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,1639	0,06	2,732**

Tabella 26 – STAT – Influenza approfondito (B)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,2562	1,9813	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,5581	2,4798	
3. rate: constant network rate (period 3)	8,2814	1,8971	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,1876	0,871	
5. eval: degree (density)	-1,3454	0,1093	12,309**
6. eval: transitive triads	0,7974	0,0905	8,811**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2859	0,0617	4,634**
8. eval: same Discipline	0,7581	0,0807	9,394**
9. eval: Perf2	-0,1428	0,0864	1,653**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	3,3882	0,9304	
11. rate: rate Perf2 period 2	6,3094	3,291	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,6482	0,5459	
13. rate: rate Perf2 period 4	2,8288	0,6414	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,3574	0,1123	3,183**

15. eval: behavior Perf2 total similarity	0,6425	0,4842	1,327**
16. eval: behavior Perf2 average alter	-0,4213	0,2462	1,711**
17. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,1735	0,062	2,798***

Nelle analisi riportate nelle Tabella 27 e Tabella 28 è stata studiata l'omofilia in relazione alla chiusura transitive (il gruppo) e all'influenza. Pur rimanendo significativi tutti gli altri parametri è risultato che il Genere non spiega il formarsi di un legame di collaborazione, mentre molto rilevanti sembrano essere la disciplina²² e la facoltà. Anche l'età anagrafica risulta essere parte del processo di selezione, con un effetto decisamente significativo e, da queste analisi, sembra emergere che questo effetto presenti un segno negativo; questo indica la preferenza di ego per attori con una grande differenza di età e in particolare verso persone più giovani.

Tabella 27 – STAT – Omofilia e Influenza (A)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,9775	1,9473	
2. rate: constant network rate (period 2)	12,5102	2,8355	
3. rate: constant network rate (period 3)	9,6184	2,0508	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,2411	0,9141	
5. eval: degree (density)	-1,3511	0,1065	12,686**
6. eval: transitive triads	0,7393	0,0957	7,725**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,3253	0,0671	4,848**
8. eval: same Discipline	0,8117	0,0846	9,595***
9. eval: Età similarity	-1,0208	0,2145	4,759****
10. eval: same Facoltà	0,2766	0,0821	3,369***
11. eval: Perf3	-0,1137	0,0887	1,282**
Behavior Dynamics			
12. rate: rate Perf3 period 1	2,963	0,9262	
13. rate: rate Perf3 period 2	4,315	1,514	
14. rate: rate Perf3 period 3	4,1932	1,3826	
15. rate: rate Perf3 period 4	2,7254	0,7183	
16. eval: behavior Perf3 tendency	0,3447	0,1137	3,032*
17. eval: behavior Perf3 total similarity	0,7067	0,4262	1,658**
18. eval: behavior Perf3 average alter	-0,392	0,2399	1,634**
19. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,1677	0,0648	2,588****

²² Questo effetto è stato incluso in quasi tutti i modelli, in quanto, dato che nei dipartimenti sono presenti discipline non omogenee tra loro, l'inclusione di questo effetto diminuisce l'errore standard di tutto il modello.

Tabella 28 – STAT – Omofilia e Influenza (B)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,223	1,9162	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,3403	2,7008	
3. rate: constant network rate (period 3)	8,3949	1,7881	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,3309	0,9166	
5. eval: degree (density)	-1,5247	0,1248	12,217***
6. eval: transitive triads	0,745	0,0947	7,867**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,3064	0,0634	4,833**
8. eval: same Discipline	0,7654	0,0769	9,953***
9. eval: same Genere	0,1394	0,0721	1,933**
10. eval: Età similarity	-0,1493	0,2008	0,744**
11. eval: same Facoltà	0,2143	0,085	2,521**
12. eval: Perf2	-0,1282	0,0873	1,468**
Behavior Dynamics			
13. rate: rate Perf2 period 1	3,3725	0,9786	
14. rate: rate Perf2 period 2	6,118	2,4724	
15. rate: rate Perf2 period 3	2,6883	0,7217	
16. rate: rate Perf2 period 4	2,7996	0,5865	
17. eval: behavior Perf2 tendency	0,3626	0,1159	3,129**
18. eval: behavior Perf2 total similarity	0,6547	0,529	1,238**
19. eval: behavior Perf2 average alter	-0,4238	0,2601	1,629**
20. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,1703	0,0613	2,778**

Dipartimento di Scienze dell'Educazione "Giovanni Maria Bertin"

Nella Tabella 29 sono presentate alcune statistiche descrittive inerenti alla struttura del network e ad alcune caratteristiche individuali.

Tabella 29 – EDU – Statistiche descrittive

	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006
Densità	0,004	0,006	0,007	0,012	0,02
Degree (medio)	0,462	0,635	0,692	1,288	2,135
numero di legami	24	33	36	67	111
Entrata		6	7	13	30
Uscita		2	2	1	10
Performance (media)	1,286	1,457	1,41	1,752	1,829

Di seguito vengono presentate le tabelle inerenti a tutti i modelli stimati per il Dipartimento di Scienze dell'Educazione "Giovanni Maria Bertin".

Così come nel caso del dipartimento di Scienze Statistiche, sia l'effetto di selezione che quello di influenza risultino statisticamente significativi e presentano lo stesso segno algebrico, sebbene con un'ampiezza più moderata (Tabella 30 e Tabella 31). Questo è sicuramente conseguenza di un diverso approccio alla collaborazione da parte di un dipartimento di tipo umanistico, ma potrebbe anche discendere dal fatto che sia diverso l'approccio alla misura della performance in termini di produttività.

Tabella 30 – EDU – Selezione e Influenza (A)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,657	2,4969	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,0386	0,9672	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,2208	1,2797	
4. rate: constant network rate (period 4)	7,2268	1,4309	
5. eval: degree (density)	-1,7838	0,0854	20,888**
6. eval: transitive triads	0,5541	0,097	5,712**
7. eval: transitive ties	1,2279	0,1978	6,208***
8. eval: Perf3 similarity	-0,3992	0,4937	0,809**
Behavior Dynamics			
9. rate: rate Perf3 period 1	2,598	0,7742	
10. rate: rate Perf3 period 2	1,6139	0,4069	
11. rate: rate Perf3 period 3	3,1131	0,8776	
12. rate: rate Perf3 period 4	3,2469	0,6239	

13. eval: behavior Perf3 tendency	0,0536	0,0675	0,794**
14. eval: behavior Perf3 total similarity	0,8032	0,4	2,008***

Tabella 31 – EDU – Selezione ed Influenza (B)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,9013	2,5899	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,33	0,9981	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,5645	1,6494	
4. rate: constant network rate (period 4)	7,6887	1,8268	
5. eval: degree (density)	-1,7993	0,1382	13,02*
6. eval: transitive triads	1,1108	0,1743	6,373*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1154	0,0784	1,472**
8. eval: same Discipline	1,1593	0,1459	7,946*
9. eval: Perf2 similarity	-1,0429	0,3247	
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	1,8258	0,6083	
11. rate: rate Perf2 period 2	1,5678	0,3962	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,9924	0,6875	
13. rate: rate Perf2 period 4	2,5255	0,4486	5,63**
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,0882	0,0779	1,132***
15. eval: behavior Perf2 total similarity	0,9488	0,3838	2,472**

Non si notano sostanziali differenze nella Tabella 32 e nella Tabella 33 rispetto a quelle considerate nel caso del Dipartimento di Scienze Statistiche (Tabella 23 e Tabella 24) nei rispetti della chiusura transitiva, infatti l'effetto più significativo rimane il numero di attori a distanza due che presenta un segno negativo, come indice di una tendenza a non preferire relazioni indirette con gli altri. L'effetto di influenza rimane presente e significativo all'interno di questo modello.

Tabella 32 – EDU – Influenza e Chiusura Transitiva (A)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,5126	19,2033	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,0826	0,8359	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,5111	1,8978	
4. rate: constant network rate (period 4)	8,316	2,1341	
5. eval: degree (density)	-1,767	0,1107	15,962*
6. eval: transitive triads	1,045	0,176	5,938
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1215	0,0613	1,982**

8. eval: same Discipline	1,0642	0,1327	8,02*
9. eval: Perf3	-0,0093	0,1289	0,072**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	2,5699	1,8612	
11. rate: rate Perf3 period 2	1,6535	0,4498	
12. rate: rate Perf3 period 3	3,1595	1,1231	
13. rate: rate Perf3 period 4	3,5263	1,1816	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,0532	0,0872	0,61**
15. eval: behavior Perf3 total similarity	0,8371	0,3354	2,496**

Tabella 33 – EDU – Influenza e Chiusura Transitiva (B)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,5118	4,0963	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,1203	1,0579	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,5792	2,3219	
4. rate: constant network rate (period 4)	8,253	2,33	
5. eval: degree (density)	-1,7591	0,1138	15,458**
6. eval: transitive triads	1,0171	0,1426	7,133*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1293	0,0593	2,18*
8. eval: same Discipline	1,0678	0,1177	9,072*
9. eval: Perf2	-0,0147	0,0769	0,191**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	1,6726	0,5103	
11. rate: rate Perf2 period 2	1,4244	0,3662	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,8969	0,9485	
13. rate: rate Perf2 period 4	2,3501	0,5019	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,2732	0,1389	1,967**
15. eval: behavior Perf2 total similarity	1,3669	0,4872	2,806**
16. eval: behavior Perf2 average alter	-0,5935	0,327	1,815**

L'approfondimento dell'influenza ha confermato quanto ottenuto nel caso del Dipartimento di Scienze Statistiche, evidenziando l'esistenza degli effetti derivanti dall'influenza esercitata dai singoli partner di ego (*behavior Perf average alter*) e di quelli derivanti dall'influenza dalla performance stessa dell'attore considerato (*behavior Perf: effect from Perf*). Si noti che, così come nel caso precedente, l'effetto del legame con i partner ha segno negativo. Normalmente ad un segno positivo di questo parametro si associa la tendenza ad essere influenzati in media dalle performance dei partner. Il segno negativo potrebbe essere interpretato come il fatto che, in media, i legami con gli altri membri del gruppo portano ad una performance decrescente ma, all'interno del gruppo, esiste qualcuno con una performance molto al di sopra

degli altri (probabilmente il principal investigator) che emerge quando si considera il gruppo nel suo insieme ma che se si considera la media di tutti i legami perde di importanza.

Tabella 34 – EDU – Influenza approfondito (A)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,4956	4,132	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,1002	0,9261	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,5418	2,0987	
4. rate: constant network rate (period 4)	8,2518	2,1673	
5. eval: degree (density)	-1,7639	0,1201	14,687***
6. eval: transitive triads	1,0275	0,1524	6,742***
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,126	0,056	2,25**
8. eval: same Discipline	1,0664	0,1074	9,929***
9. eval: Perf3	-0,0133	0,0908	0,146**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	2,4472	0,7367	
11. rate: rate Perf3 period 2	1,5654	0,4278	
12. rate: rate Perf3 period 3	3,02	1,0777	
13. rate: rate Perf3 period 4	2,8169	0,6102	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,3806	0,1513	2,516*
15. eval: behavior Perf3 total similarity	0,6332	0,4767	1,328***
16. eval: behavior Perf3 average alter	-0,3754	0,2944	1,275**
17. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,1426	0,0575	2,48*

Tabella 35 – EDU – Influenza approfondito (B)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,5683	3,8715	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,1659	1,0636	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,5343	2,5054	
4. rate: constant network rate (period 4)	8,1736	2,2275	
5. eval: degree (density)	-1,7603	0,1092	16,12*
6. eval: transitive triads	1,0263	0,1423	7,212*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1258	0,0559	2,25*
8. eval: same Discipline	1,0647	0,1059	10,054*
9. eval: Perf2	-0,0175	0,0839	0,209*
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	1,7574	0,5173	
11. rate: rate Perf2 period 2	1,5036	0,4946	

12. rate: rate Perf2 period 3	3,0069	1,0786	
13. rate: rate Perf2 period 4	2,2485	0,445	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,4327	0,1752	2,47***
15. eval: behavior Perf2 total similarity	0,6639	0,4591	1,446**
16. eval: behavior Perf2 average alter	-0,3986	0,3274	1,217**
17. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,1656	0,0632	2,62***

Diversamente dal caso sopra riportato, in questo modello di omofilia, oltre alla disciplina, l'età e la Facoltà, è presente un piccolo effetto inerente al Genere. In questo caso ritengo trascurabile questo effetto, soprattutto perché la composizione del dipartimento ha una prevalenza di donne, pertanto questo potrebbe spiegare un effetto così contenuto.

Tabella 36 – EDU – Omofilia e Influenza (A)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	11,4886	6,1156	
2. rate: constant network rate (period 2)	4,0092	1,5897	
3. rate: constant network rate (period 3)	7,493	3,2386	
4. rate: constant network rate (period 4)	8,1992	2,1309	
5. eval: degree (density)	-1,6829	0,1121	15,012**
6. eval: transitive triads	0,9724	0,1346	7,224**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1644	0,0535	3,073*
8. eval: same Discipline	1,1244	0,1369	8,213***
9. eval: Eta similarity	-1,2302	0,2065	5,957***
10. eval: same Facoltà	0,2129	0,1234	1,725**
11. eval: Perf3	-0,0515	0,0828	0,622***
Behavior Dynamics			
12. rate: rate Perf3 period 1	2,4812	0,7441	
13. rate: rate Perf3 period 2	1,5571	0,4099	
14. rate: rate Perf3 period 3	2,94	0,9452	
15. rate: rate Perf3 period 4	2,8607	0,6465	
16. eval: behavior Perf3 tendency	0,3583	0,1262	2,839**
17. eval: behavior Perf3 total similarity	0,5976	0,4843	1,234**
18. eval: behavior Perf3 average alter	-0,3867	0,2953	1,31**
19. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,1537	0,0572	2,687***

Tabella 37 – EDU – Omofilia e Influenza (B)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,8682	2,058	

2. rate: constant network rate (period 2)	3,0179	0,8611	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,0745	2,0646	
4. rate: constant network rate (period 4)	8,3172	2,3048	
5. eval: degree (densità)	-1,9907	0,1931	10,309
6. eval: transitive triads	1,0355	0,1382	7,493
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1146	0,0589	1,946*
8. eval: same Genere	0,0871	0,0918	0,949*
9. eval: Eta similarity	-0,4733	0,2847	1,662***
10. eval: same Facoltà	0,4481	0,1412	3,174*
11. eval: same Discipline	0,9042	0,1263	7,159**
12. eval: Perf2	-0,029	0,097	0,299**
Behavior Dynamics			
13. rate: rate Perf2 period 1	1,7607	0,5594	
14. rate: rate Perf2 period 2	1,4964	0,4614	
15. rate: rate Perf2 period 3	3,0359	1,1002	
16. rate: rate Perf2 period 4	2,2201	0,4725	
17. eval: behavior Perf2 tendency	0,4408	0,18	2,449**
18. eval: behavior Perf2 total similarity	0,6518	0,4294	1,518**
19. eval: behavior Perf2 average alter	-0,4057	0,3352	1,21**
20. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,1673	0,0613	2,729**

Dipartimento di Scienze Aziendali

Nella Tabella 38 sono presentate alcune statistiche descrittive inerenti alla struttura del network e ad alcune caratteristiche individuali.

Tabella 38 – DSA – Statistiche descrittive

	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006
Densità	0,004	0,005	0,005	0,009	0,013
Degree (medio)	0,396	0,577	0,595	1,045	1,459
numero di legami	22	32	33	58	81
Entrata		11	8	8	33
Uscita		4	0	2	5
Performance (media)	1,232	1,411	1,571	1,875	1,884

Di seguito vengono presentate le tabelle inerenti a tutti i modelli stimati per il Dipartimento di Scienze Aziendali

Così come nel caso del dipartimento precedenti, sia l'effetto di selezione che quello di influenza risultino statisticamente significativi e presentano lo stesso segno algebrico (Tabella 39 e Tabella 40). Diversamente dai predecessori in questo caso l'effetto di influenza è molto più spiccato rispetto a quello di selezione. Come si nota dalla Figura 39, dove è presentato il network completo, in questo dipartimento il ruolo degli esterni (da intendersi come dottorandi, assegnisti, professori a contratto...) nella collaborazione è molto particolare, in quanto si nota una tendenza di questi attori ad avere pubblicazioni cross-disciplina e cross-facoltà e a fungere da collante all'interno del network.

Tabella 39 – DSA – Selezione e Influenza (A)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,8076	3,9523	
2. rate: constant network rate (period 2)	9,7985	3,9649	
3. rate: constant network rate (period 3)	10,1386	8,108	
4. rate: constant network rate (period 4)	12,2977	10,8269	
5. eval: degree (density)	-1,739	0,2112	8,234
6. eval: transitive triads	1,0083	0,2185	4,615
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1886	0,0853	2,211
8. eval: same Discipline	0,9244	0,1813	5,099
9. eval: Perf3 similarity	-0,7598	0,6833	1,112
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	2,4025	2,4495	

11. rate: rate Perf3 period 2	3,2784	1,2262	
12. rate: rate Perf3 period 3	4,0369	1,8032	
13. rate: rate Perf3 period 4	1,8278	0,3278	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,4593	0,1783	2,576*
15. eval: behavior Perf3 total similarity	5,7305	3,2223	1,778**

Tabella 40 – DSA – Selezione e Influenza (B)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	7,8299	3,5052	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,5792	4,515	
3. rate: constant network rate (period 3)	10,2157	3,392	
4. rate: constant network rate (period 4)	12,3411	4,0102	
5. eval: degree (density)	-1,7332	0,1288	13,457**
6. eval: transitive triads	0,9895	0,2	4,948**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,188	0,1124	1,673**
8. eval: same Discipline	0,9046	0,1313	6,89**
9. eval: Perf2 similarity	-0,9787	0,579	1,69**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	1,7993	0,6062	
11. rate: rate Perf2 period 2	2,7245	1,005	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,56	1,3614	
13. rate: rate Perf2 period 4	2,1107	0,4585	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,2364	0,3451	0,685***
15. eval: behavior Perf2 total similarity	2,8635	3,7259	0,769**

Il comportamento del modello nello studio della chiusura transitiva risulta essere coerente con quello rilevato negli altri due dipartimenti, pertanto si considera questo aspetto assodato dal punto di vista della tendenza di un network di ricercatori ad organizzarsi spontaneamente in gruppi coesi.

Tabella 41 – DSA – Influenza e Chiusura Transitiva (A)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,8493	5,6775	
2. rate: constant network rate (period 2)	10,8517	3,4446	
3. rate: constant network rate (period 3)	10,1768	6,0743	
4. rate: constant network rate (period 4)	14,9712	6,3678	
5. eval: degree (density)	-1,7506	0,1221	14,337*

6. eval: transitive triads	0,8731	0,1824	4,787*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2087	0,093	2,244**
8. eval: same Discipline	0,8407	0,0902	9,32*
9. eval: Perf3	0,0379	0,0722	0,525**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	2,749	0,6517	
11. rate: rate Perf3 period 2	4,1347	1,2922	
12. rate: rate Perf3 period 3	5,1608	2,4141	
13. rate: rate Perf3 period 4	2,1428	0,4873	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,3679	0,1546	2,38***
15. eval: behavior Perf3 total similarity	7,4694	2,9573	2,526**

Tabella 42 – DSA – Influenza e Chiusura Transitiva (B)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	0,1	0,0411	
2. rate: constant network rate (period 2)	6,7219	2,421	
3. rate: constant network rate (period 3)	10,967	9,6534	
4. rate: constant network rate (period 4)	20,6404	14,2192	
5. eval: degree (density)	-1,4486	0,236	6,138**
6. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,7208	0,2054	3,509**
7. eval: same Discipline	1,0494	0,1586	6,617***
8. eval: Perf2	0,0771	0,0776	0,994**
Behavior Dynamics			
9. rate: rate Perf2 period 1	1,5707	0,5764	
10. rate: rate Perf2 period 2	2,6179	0,87	
11. rate: rate Perf2 period 3	2,5252	1,4217	
12. rate: rate Perf2 period 4	2,2668	0,8038	
13. eval: behavior Perf2 tendency	-0,205	0,2335	0,878*
14. eval: behavior Perf2 total similarity	1,8409	1,2513	1,471*
15. eval: behavior Perf2 isolate	1,1233	1,0101	1,112**

L'approfondimento dell'influenza ha confermato quanto ottenuto nel caso dei dipartimenti precedenti, rilevando che il caso di un dipartimento che afferisce all'area delle scienze sociali è analogo come meccanismi evolutivi a quelli scientifici e umanistici.

Tabella 43 – DSA – Influenza approfondito (A)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			

1. rate: constant network rate (period 1)	5,9968	2,7195	
2. rate: constant network rate (period 2)	23,6728	13,2889	
3. rate: constant network rate (period 3)	13,1718	5,3629	
4. rate: constant network rate (period 4)	17,512	8,407	
5. eval: degree (density)	-1,7587	0,1187	14,816*
6. eval: transitive triads	0,8972	0,1921	4,67*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,1882	0,1048	1,796*
8. eval: same Discipline	0,8291	0,0927	8,944*
9. eval: Perf3	-0,0265	0,074	0,358**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	3,0021	0,7894	
11. rate: rate Perf3 period 2	3,6141	1,2791	
12. rate: rate Perf3 period 3	4,1787	2,0538	
13. rate: rate Perf3 period 4	2,4413	0,5049	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,4077	0,1044	3,905***
15. eval: behavior Perf3 total similarity	1,5271	1,3984	1,092***
16. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,1524	0,0453	3,364*

Tabella 44 – DSA – Influenza approfondito (B)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	8,5307	4,2775	
2. rate: constant network rate (period 2)	10,0885	4,6711	
3. rate: constant network rate (period 3)	9,6366	3,1888	
4. rate: constant network rate (period 4)	16,0472	6,7882	
5. eval: degree (density)	-1,7834	0,135	13,21***
6. eval: transitive triads	0,8726	0,2613	3,339*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2138	0,1155	1,851**
8. eval: same Discipline	0,8246	0,0833	9,899**
9. eval: Perf2	0,097	0,0824	1,177**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	1,9893	0,4506	
11. rate: rate Perf2 period 2	3,6216	1,3076	
12. rate: rate Perf2 period 3	3,0281	0,8263	
13. rate: rate Perf2 period 4	2,242	0,4382	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,3194	0,1081	2,955*
15. eval: behavior Perf2 total similarity	1,3577	1,8065	0,752*
16. eval: behavior Perf2 average alter	-0,0382	0,4368	0,087****
17. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,1537	0,105	1,464****

Sebbene nella sostanza gli effetti di Omofilia siano sostanzialmente confermati, in questo dipartimento, diversamente dagli altri, l'effetto predominante è quello inerente alla facoltà di appartenenza, ovviamente combinato con la disciplina.

Tabella 45 – DSA – Omofilia e Influenza (A)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	9,1854	4,9552	
2. rate: constant network rate (period 2)	11,3987	7,5546	
3. rate: constant network rate (period 3)	10,8816	5,7122	
4. rate: constant network rate (period 4)	14,8445	6,4213	
5. eval: degree (density)	-1,8865	0,1593	11,842**
6. eval: transitive triads	0,8775	0,2026	4,331**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2039	0,1166	1,749**
8. eval: same Discipline	0,8198	0,0909	9,019**
9. eval: same Genere	-0,0447	0,0763	0,586**
10. eval: Età similarity	-0,0881	0,2853	0,309*
11. eval: same Facoltà	0,3327	0,0792	4,201**
12. eval: Perf3	0,0712	0,0847	0,841**
Behavior Dynamics			
13. rate: rate Perf3 period 1	2,4278	0,6562	
14. rate: rate Perf3 period 2	3,3329	1,0634	
15. rate: rate Perf3 period 3	4,3954	1,4186	
16. rate: rate Perf3 period 4	1,9068	0,4475	
17. eval: behavior Perf3 tendency	0,5682	0,3388	1,677**
18. eval: behavior Perf3 total similarity	2,4013	2,9615	0,811**
19. eval: behavior Perf3 average alter	1,0133	0,8308	1,22**
20. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,4487	0,2978	1,507****

Tabella 46 – DSA – Omofilia e Influenza (B)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	9,0357	5,1323	
2. rate: constant network rate (period 2)	10,4764	5,247	
3. rate: constant network rate (period 3)	10,4212	3,8783	
4. rate: constant network rate (period 4)	15,8715	7,3777	
5. eval: degree (density)	-1,9005	0,1471	12,92***
6. eval: transitive triads	0,8951	0,237	3,777**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	-0,2008	0,1177	1,706*
8. eval: same Genere	-0,0532	0,0779	0,683**
9. eval: Età similarity	-0,0872	0,272	0,321***

10. eval: same Facoltà	0,3153	0,0787	4,006**
11. eval: same Discipline	0,8005	0,0929	8,617**
12. eval: Perf2	0,1183	0,0871	1,358***
Behavior Dynamics			
13. rate: rate Perf2 period 1	1,9857	0,5287	
14. rate: rate Perf2 period 2	3,6048	1,4916	
15. rate: rate Perf2 period 3	3,075	1,1002	
16. rate: rate Perf2 period 4	2,2795	0,5154	
17. eval: behavior Perf2 tendency	0,308	0,1154	2,669**
18. eval: behavior Perf2 total similarity	1,4179	1,259	1,126***
19. eval: behavior Perf2 average alter	-0,0275	0,3393	0,081****
20. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,1524	0,0905	1,684****

Dipartimento di Sociologia

Nella Tabella 47 sono presentate alcune statistiche descrittive inerenti alla struttura del network e ad alcune caratteristiche individuali.

Tabella 47 – SOC – Statistiche descrittive

	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006
Densità	0,018	0,015	0,015	0,025	0,04
Degree (medio)	0,851	0,723	0,723	1,191	1,915
numero di legami	20	17	17	28	45
Entrata		7	2	1	9
Uscita		1	1	0	2
Performance (media)	1,688	1,771	1,792	1,938	1,917

Di seguito vengono presentate le tabelle inerenti a tutti i modelli stimati per il Dipartimento di Sociologia

Così come nel caso del dipartimento precedenti, sia l'effetto di selezione che quello di influenza risultino statisticamente significativi e presentano lo stesso segno algebrico. Diversamente dai predecessori in questo caso l'effetto di selezione è molto più spiccato rispetto a quello di influenza. Questo potrebbe derivare da una struttura di evoluzione molto più statica degli altri, dove sono poche le risorse nuove che entrano ed è difficile far rimanere i giovani ricercatori.

Tabella 48 – SOC – Selezione e Influenza (A)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,2079	0,884	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,9	1,2798	
3. rate: constant network rate (period 3)	4,7635	1,5369	
4. rate: constant network rate (period 4)	4,0268	0,9983	
5. eval: degree (density)	-1,4192	0,1318	10,768***
6. eval: transitive triads	1,3586	0,5034	2,699***
7. eval: transitive ties	0,2876	0,3856	0,746**
8. eval: Perf3 similarity	-1,8211	0,6023	3,024*
Behavior Dynamics			
9. rate: rate Perf3 period 1	2,2051	0,7784	
10. rate: rate Perf3 period 2	2,7517	1,2441	
11. rate: rate Perf3 period 3	1,6249	0,5529	
12. rate: rate Perf3 period 4	1,1915	0,395	

13. eval: behavior Perf3 tendency	0,0633	0,1081	0,586**
14. eval: behavior Perf3 total similarity	0,9105	0,8428	1,08**

Tabella 49 – SOC – Selezione e Influenza (B)

MODELLO 1	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,0572	0,5938	
2. rate: constant network rate (period 2)	3,6796	1,1799	
3. rate: constant network rate (period 3)	4,1237	1,8503	
4. rate: constant network rate (period 4)	4,5271	1,2168	
5. eval: degree (density)	-1,7957	0,1836	9,781**
6. eval: transitive triads	1,6917	0,2658	6,365**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	0,1899	0,0758	2,505**
8. eval: same Discipline	0,8309	0,1724	4,82****
9. eval: Perf2 similarity	-1,8501	0,5326	3,474**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	2,0137	0,7865	
11. rate: rate Perf2 period 2	1,6578	0,5805	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,2097	0,8914	
13. rate: rate Perf2 period 4	1,1131	0,2927	3,803***
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,0932	0,124	0,752****
15. eval: behavior Perf2 total similarity	1,5452	1,0817	1,428****

Il comportamento del modello nello studio della chiusura transitiva risulta essere coerente con quello rilevato negli altri due dipartimenti, pertanto si considera questo aspetto assodato dal punto di vista della tendenza di un network di ricercatori ad organizzarsi spontaneamente in gruppi coesi.

Tabella 50 – SOC – Influenza e Chiusura Transitiva (A)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,2874	0,8882	
2. rate: constant network rate (period 2)	4,3445	1,572	
3. rate: constant network rate (period 3)	4,4809	1,3649	
4. rate: constant network rate (period 4)	6,176	1,6216	
5. eval: degree (density)	-1,7161	0,1262	13,598
6. eval: transitive triads	1,4523	0,0825	17,604
7. eval: number of actor pairs at distance 2	0,1612	0,0693	2,326
8. eval: same Discipline	0,6752	0,1312	5,146**
9. eval: Perf3	0,1026	0,1048	0,979

Behavior Dynamics
 10. rate: rate Perf3 period 1
 11. rate: rate Perf3 period 2
 12. rate: rate Perf3 period 3
 13. rate: rate Perf3 period 4
 14. eval: behavior Perf3 tendency
 15. eval: behavior Perf3 total similarity

	2,27	0,7514	
	2,9079	3,0231	
	1,8536	0,6652	
	1,267	0,327	
	0,0562	0,1037	0,542**
	0,9033	0,819	1,103**

Tabella 51 – SOC – Influenza e Chiusura Transitiva (B)

MODELLO 2	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,3187	0,9017	
2. rate: constant network rate (period 2)	4,3698	1,5387	
3. rate: constant network rate (period 3)	4,5705	2,0131	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,927	2,0394	
5. eval: degree (density)	-1,6997	0,1492	11,392***
6. eval: transitive triads	1,3589	0,2068	6,571*
7. eval: number of actor pairs at distance 2	0,1361	0,0914	1,489**
8. eval: same Discipline	0,6727	0,1313	5,123***
9. eval: Perf2	0,1372	0,1097	1,251**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	2,1419	0,7958	
11. rate: rate Perf2 period 2	1,7763	0,6318	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,3846	0,8171	
13. rate: rate Perf2 period 4	1,1839	0,3593	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,0639	0,1206	0,53*
15. eval: behavior Perf2 total similarity	1,5857	0,8306	1,909****

Questo caso è atipico rispetto agli altri, in quanto sembra risultare positivo il parametro che descrive la tendenza ad essere influenzati dalle performance dei propri contatti all'interno del network. Una spiegazione di questo fenomeno è da ricercarsi nella dimensione dei gruppi di ricerca. In un dipartimento come questo, che ha gruppi di ricerca con pochi componenti, l'effetto del gruppo può essere equiparato all'effetto della media dei propri legami.

Tabella 52 – SOC – Influenza approfondito (A)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,2691	0,9046	
2. rate: constant network rate (period 2)	4,3342	1,5055	

3. rate: constant network rate (period 3)	4,5214	1,6372	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,9382	1,6601	
5. eval: degree (density)	-1,702	0,1507	11,294*
6. eval: transitive triads	1,3719	0,2276	6,028**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	0,1438	0,0922	1,56*
8. eval: same Discipline	0,6741	0,124	5,436**
9. eval: Perf3	0,1321	0,1161	1,138**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf3 period 1	2,7197	1,215	
11. rate: rate Perf3 period 2	3,0856	1,6172	
12. rate: rate Perf3 period 3	2,1001	0,7924	
13. rate: rate Perf3 period 4	1,1844	0,3163	
14. eval: behavior Perf3 tendency	0,4107	0,2053	2**
15. eval: behavior Perf3 total similarity	-1,4275	1,0564	1,351**
16. eval: behavior Perf3 average alter	0,5179	0,5155	1,005**
17. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,5819	0,1853	3,14****

Tabella 53 – SOC – Influenza approfondito (B)

MODELLO 3	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,2347	0,7916	
2. rate: constant network rate (period 2)	4,3063	1,7788	
3. rate: constant network rate (period 3)	4,5131	1,5383	
4. rate: constant network rate (period 4)	5,9862	1,6193	
5. eval: degree (density)	-1,7127	0,1591	10,765*
6. eval: transitive triads	1,3577	0,2304	5,893**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	0,139	0,0995	1,397**
8. eval: same Discipline	0,6724	0,1253	5,366*
9. eval: Perf2	0,1632	0,1231	1,326**
Behavior Dynamics			
10. rate: rate Perf2 period 1	2,2967	0,8326	
11. rate: rate Perf2 period 2	1,8207	0,7283	
12. rate: rate Perf2 period 3	2,7137	1,4027	
13. rate: rate Perf2 period 4	1,1161	0,301	
14. eval: behavior Perf2 tendency	0,4054	0,2117	1,915**
15. eval: behavior Perf2 average alter	0,168	0,3969	0,423**
16. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,4317	0,1027	4,204***

Nello studio degli elementi che portano alla selezione, questo dipartimento si dimostra in linea con gli altri studiati, presentando l'omofilia nella Disciplina come primo effetto, seguita dalla facoltà, dall'età e, da ultimo, dal genere, che presenta però un effetto trascurabile.

Tabella 54 – SOC – Omofilia e Influenza (A)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,8065	1,2443	
2. rate: constant network rate (period 2)	5,6107	2,6806	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,7077	2,5906	
4. rate: constant network rate (period 4)	7,7381	2,4929	
5. eval: degree (density)	-1,8093	0,1475	12,266***
6. eval: transitive ties	0,974	0,1738	5,604**
7. eval: number of actor pairs at distance 2	0,058	0,1044	0,556**
8. eval: same Disciplina	0,6511	0,1191	5,467***
9. eval: Eta similarity	-0,7611	0,3611	2,108***
10. eval: same Facoltà	0,3119	0,1097	2,843**
11. eval: Perf3	0,2056	0,1334	1,541***
Behavior Dynamics			
12. rate: rate Perf3 period 1	2,709	1,251	
13. rate: rate Perf3 period 2	3,0522	1,3204	
14. rate: rate Perf3 period 3	2,1262	0,9893	
15. rate: rate Perf3 period 4	1,1894	0,3138	
16. eval: behavior Perf3 tendency	0,4058	0,2178	1,863**
17. eval: behavior Perf3 total similarity	-1,4386	1,0818	1,33**
18. eval: behavior Perf3 average alter	0,5451	0,5292	1,03***
19. eval: behavior Perf3: effect from Perf3	-0,589	0,1888	3,12**

Tabella 55 – SOC – Omofilia e Influenza (B)

MODELLO 4	Estimate	s.e.	t-value
Network Dynamics			
1. rate: constant network rate (period 1)	2,7202	0,8835	
2. rate: constant network rate (period 2)	5,4874	2,1707	
3. rate: constant network rate (period 3)	5,6972	2,2061	
4. rate: constant network rate (period 4)	6,7252	1,9406	
5. eval: degree (density)	-1,8252	0,1469	12,425*
6. eval: transitive triads	0,8938	0,319	2,802*
7. eval: transitive ties	0,3393	0,2968	1,143*
8. eval: same Disciplina	0,6667	0,1241	5,372***
9. eval: same Genere	0,0827	0,1178	0,702*
10. eval: Eta similarity	-0,8572	0,377	2,274*

11. eval: same Facoltà	0,3122	0,1068	2,923*
12. eval: Perf2	0,2328	0,1122	2,075**
Behavior Dynamics			
13. rate: rate Perf2 period 1	2,2792	0,8977	
14. rate: rate Perf2 period 2	1,8149	0,7209	
15. rate: rate Perf2 period 3	2,7187	1,1578	
16. rate: rate Perf2 period 4	1,1098	0,362	
17. eval: behavior Perf2 tendency	0,4235	0,2166	1,955**
18. eval: behavior Perf2 total similarity	-0,5851	1,4722	0,397*
19. eval: behavior Perf2 average alter	0,3203	0,6028	0,531**
20. eval: behavior Perf2: effect from Perf2	-0,5008	0,2224	2,252*

Per studiare l'effetto che la performance ha sul network, è stato incluso l'apposito effetto (*Perf*) all'interno dei modelli, in particolare nel Modello 2 che studia l'influenza e la chiusura transitiva. Il risultato di queste elaborazioni è presentato in Tabella 56.

Tabella 56 - Effetto della Performance sul network

Performance	(A)			(B)		
	Estimate	s.e.	t-value	Estimate	s.e.	t-value
STAT	-0,1156	0,0656	1,762**	-0,1206	0,07	1,723*
EDUC	-0,0147	0,0769	0,191**	-0,0093	0,1289	0,072**
DSA	0,0771	0,0776	0,994**	0,0379	0,0722	0,525**
SOC	0,1372	0,1097	1,251**	0,1321	0,1161	1,138**

Come si può notare l'effetto è in generale molto contenuto come ampiezza, indicando una semplice tendenza; in particolare, nel caso di EDUC e DSA non è possibile determinare il segno, in quanto l'errore è più ampio della misura: rimangono quindi validi i dati inerenti al dipartimento di Statistica e a quello di Sociologia

In particolare, se l'effetto è positivo indica che all'aumento della performance dei singoli all'interno di un gruppo sia correlato un aumento di legami nel network di ricercatori, mentre se l'effetto è negativo, si può dedurre che all'aumento della performance dei singoli all'interno di un gruppo sia correlata una diminuzione di legami nel network di ricercatori.

Ad una prima lettura i dati sembrano non confermare l'ipotesi H2, in quanto in un dipartimento la correlazione è positiva mentre nell'altro è negativa.

Capitolo 5

Discussione e Conclusioni

L'interazione della co-authorship con gli altri fondamentali processi del dibattito scientifico, come l'attività di pubblicazione, il comportamento sulle citazioni potrebbe portare alla costruzione di uno strumento standard che garantisca la validità delle conclusioni che emergono dai risultati bibliometrici (Glänzel et al. 2005a).

Sintesi delle attività svolte

Questo lavoro di tesi risponde al bisogno di comprendere a fondo la dinamica evolutiva dei singoli all'interno dei gruppi di ricerca e il loro rapporto con la performance, in quanto quest'ultima è un parametro critico per caratterizzare i risultati. La performance può essere definita come una misura relativa ad azioni manifeste e oggettivabili di un soggetto (singolo o équipe) attraverso un insieme di indicatori concreto e misurabile della qualità del risultato prodotto da queste azioni.

In ambito organizzativo, come è noto, le performance riguardano la risposta a precisi mandati e ad ambiti di lavoro riconosciuti in funzione della realizzazione del servizio/prodotto, mentre nella ricerca è raramente chiaro il mandato e difficilmente misurabile il risultato. D'altra parte i ricercatori, nelle loro conversazioni, si riferiscono ad altri ricercatori con concetti che ricordano una scala di merito, ovvero riescono ad identificare, basandosi su una molteplicità di fattori, il valore di un collega. Questo valore si basa principalmente sui risultati che il singolo (o il gruppo di cui fa parte) riesce a raggiungere, che sono qualificati attraverso il confronto con la comunità internazionale. In questo lavoro di tesi quindi si è assunto che la performance di un ricercatore sia misurabile e possa essere inferita dalle opere prodotte.

L'altro aspetto che è stato oggetto di analisi riguarda l'evoluzione del network, ovvero quella dinamica che coinvolge i singoli e le loro relazioni e che è contemporaneamente effetto di influenza e selezione rispetto al loro comportamento. Il network oggetto di studio è quello che emerge dalla collaborazione scientifica, ovvero una rete auto-organizzante che si evolve a partire dalla comunanza di interessi dei singoli ricercatori. La peculiarità della collaborazione scientifica rispetto alla collaborazione in generale, è che fa riferimento ad un modello non gerarchico, che lascia al singolo ricercatore, in ogni momento della sua carriera, la libertà di decidere con chi e in che modo collaborare.

Ciò che sta alla base del lavoro è l'idea che in un mondo dove le gerarchie organizzative non governano i comportamenti dei singoli (l'accademia), il ricercatore entri a far parte di una

complessa dinamica che compete per le risorse (intelletuali, finanziarie ed umane), dove solo attraverso la collaborazione è possibile conseguire obiettivi altrimenti irraggiungibili. La co-authorship può essere quindi paragonata ad una scelta strategica dalla prospettiva del ricercatore. Si ritiene di grande interesse l'approfondimento di questa dinamica, ed in particolare di quali siano gli aspetti che caratterizzano la relazione tra la performance dei singoli ricercatori e la rete di legami di collaborazione, sia in termini di vantaggio competitivo che la performance potrebbe garantire, sia rispetto ai fattori che ne caratterizzano l'evoluzione rispetto al network.

Per arrivare a questa comprensione, dopo un'estesa review della letteratura inerente alla collaborazione nella scienza, alla sua interpretazione in termini di rete sociale, alla valutazione delle performance e all'evoluzione interdipendente del network e dei risultati, sono state identificate tre ipotesi, che vengono di seguito riportate:

H1: nell'entrata in un gruppo di ricerca il pattern di omofilia prevale sulla funzionalità e sulle aspettative di status.

Ovvero:

H1a: nell'entrata in un gruppo di ricerca l'omofilia è prevalente rispetto alla funzionalità;

H1b: nell'entrata in un gruppo di ricerca la collaborazione avviene con individui ad ogni livello di status.

H2: l'aumento della performance del singolo ricercatore all'interno di un gruppo coeso è correlato positivamente con l'evoluzione del network di tutti i ricercatori che appartengono a quel gruppo.

H3: L'evoluzione delle performance di un ricercatore che appartiene ad un gruppo avviene principalmente per influenza

Per testare queste ipotesi sono stati raccolti i dati inerenti alle co-authorship nelle pubblicazioni dei ricercatori dell'Ateneo di Bologna per gli anni che vanno dal 1996 al 2007, sono state computate le performance a livello di singolo ricercatore utilizzando due misure, la prima che tiene conto del grado di proprietà di Bologna rispetto al lavoro di ricerca e del contributo individuale del singolo autore, la seconda che invece assegna ad ogni ricercatore il punteggio pieno dell'articolo. In aggiunta sono state svolte alcune interviste semi-strutturate a ricercatori che appartengono ai dipartimenti dell'Ateneo allo scopo di aumentare la comprensione dei fenomeni oggetto di studio.

Dopo aver selezionato quattro dipartimenti, sono state applicate ai dati due metodologie di analisi, una visuale e l'altra statistica. La prima è la Discrete-Time Network Visualization (Powell et al. 2005), che ha permesso di studiare il meccanismo di attachment attraverso l'osservazione delle immagini che rappresentano l'evoluzione del network. La seconda permette di studiare l'evoluzione del network basandosi sulle caratteristiche dei suoi attori e consente di separare il fenomeno della selezione da quello dell'influenza e si è basata sul test

empirico di quattro modelli statistici volti ad approfondire la relazione tra performance e network. In primo luogo sono stati studiati gli aspetti di selezione ed influenza, in seconda battuta quelli di influenza rispetto al gruppo di ricerca (chiusura transitiva), poi si sono approfondite le dinamiche di influenza andando ad investigare il legame diretto con gli altri ricercatori e la propria performance e infine è stata esaminata l'interazione tra gli aspetti di selezione omofiliaca e quelli di influenza.

Sintesi dei risultati raggiunti

Analizzando i risultati della Discrete Time Network Visualization (Powell et al. 2005), da un punto di vista statico, le immagini realizzate (Figura 13, Figura 26, Figura 39 e Figura 52) sono differenziate per cluster di colori omogenei, ed indicano che i gruppi di ricercatori sono omofiliaci, coerentemente con quanto riportato in letteratura.

Sintetizzando i risultati dell'analisi del pattern di attachment nell'evoluzione dei gruppi di ricerca, dall'analisi dei dati presentati in Tabella 17 si deriva che nell'entrata in un gruppo di ricerca i legami che presentano caratteristiche omofiliache (86,4 %) risultano essere prevalenti rispetto a quelli a carattere funzionale (13,6 %). Dal punto di vista dello status, si nota come l'attachment avvenga con individui ad ogni livello di status (40% per i Professori Ordinari, 20% per i Professori Associati e 40% per i Ricercatori) ricalcando approssimativamente la distribuzione dei livelli di carriera degli individui che sono presenti all'interno dei dipartimenti.

Nell'analizzare i dati che derivano dall'analisi Actor Oriented ottenuta utilizzando SIENA (Snijders et al. 2007) non si può non notare che gli effetti di tutti i modelli, ottenuti con entrambe le misure della performance, sono sostanzialmente coerenti tra tutti i dipartimenti. In particolare:

- sia l'effetto di selezione che quello di influenza risultano statisticamente significativi nel Modello 1 (Tabella 21, Tabella 22, Tabella 30, Tabella 31, Tabella 39, Tabella 40, Tabella 48, Tabella 49);
- nel Modello 2 l'effetto più significativo di chiusura transitiva è quello che misura la tendenza degli attori di tenere i propri collaboratori a distanza 2 e presenta un segno negativo (Tabella 23, Tabella 24, Tabella 32, Tabella 33, Tabella 41, Tabella 42, Tabella 50, Tabella 51);
- nel Modello 3 è stato approfondito l'effetto di influenza, scomponendolo in alcune componenti. In particolare, pur rimanendo significativo l'effetto del gruppo, sia dal punto di vista di chiusura transitiva che di similarità, risultano significativi anche gli effetti derivanti dall'influenza esercitata dai singoli partner di ego (*behavior Perf average alter*) e l'influenza derivante dalla performance stessa dell'attore considerato (*behavior Perf: effect from Perf*) (Tabella 25, Tabella 26, Tabella 34, Tabella 35, Tabella 43, Tabella 44, Tabella 52, Tabella 53);
- nel Modello 4 (Tabella 27, Tabella 28, Tabella 36, Tabella 37, Tabella 45, Tabella 46, Tabella 54, Tabella 55) si verificano i seguenti fenomeni:
 - il genere non è significativo nella scelta di un legame di collaborazione

- molto rilevanti sembrano essere la disciplina e la facoltà
- l'età anagrafica risulta essere parte del processo di selezione, con un effetto decisamente significativo e di segno negativo.

Per studiare l'effetto che la performance ha sul network, è stato incluso l'apposito effetto (*Perf*) all'interno dei modelli, in particolare nel Modello 2, che studia l'influenza e la chiusura transitiva; il risultato di queste elaborazioni è presentato in Tabella 56.

Come si può notare l'effetto è in generale molto contenuto come ampiezza, indicando una semplice tendenza; in particolare, nel caso del dipartimento di Scienze dell'Educazione e del Dipartimento di Scienze Aziendali non è possibile determinare il segno, in quanto l'errore è più ampio della misura: rimangono quindi validi i dati inerenti al dipartimento di Statistica e a quello di Sociologia.

Discussione delle ipotesi formulate

Ipotesi 1

Nello studio dell'ipotesi H1, ovvero che il pattern di omofilia prevalga sulla funzionalità e sulle aspettative di status, emerge una conferma empirica di quanto postulato, dal momento che nelle immagini i nuovi nodi si attaccano a nodi dello stesso colore, formando gruppi omofiliaci. Questo però non esclude la formazione di legami funzionali (si ricorda che per legame funzionale si intende un legame tra discipline diverse) in quanto sia all'inizio (con una percentuale contenuta, attorno al 13 %), che nei periodi successivi, il fenomeno è di una certa consistenza all'interno di ogni dipartimento e contribuisce a mantenere coese le diverse comunità disciplinari.

In aggiunta si evidenzia un fenomeno interessante quando i legami funzionali sono stabiliti da un ricercatore giovane con due ricercatori senior, uno che si occupa della stessa disciplina e l'altro di un'altra. In questo caso, che si è definito "avanguardia", si potrebbe concretizzare la pratica di esplorare le possibili interconnessioni disciplinari attraverso un ricercatore giovane, che può decidere di investire a fronte della prospettiva di due collaborazioni importanti e di investigare un nuovo filone di ricerca.

Qui entra in gioco il concetto di collaborazione come scelta strategica del ricercatore, che può essere una importante chiave di lettura. La letteratura riporta che la costruzione di un legame di collaborazione è un investimento personale di elevata entità (Bozeman et al. 2004; Katz et al. 1997; Mathiassen 2002; Shrum et al. 2001; Wray 2002), investimento che è considerato attentamente da ogni ricercatore nei suoi aspetti di rischio e di ritorno atteso.

L'ipotesi H1b, ovvero che nell'entrata in un gruppo di ricerca la collaborazione avvenga con individui ad ogni livello di status, è infatti risultata verificata, con risultati che confermano le conclusioni appena presentate, in quanto le percentuali di attachment sono per il 40% per i Professori Ordinari, per il 20% per i Professori Associati e il 40% per i Ricercatori. La differenza di percentuale di attachment che mostrano i Professori Associati può essere spiegata da una

diversa propensione al rischio che questi soggetti mostrano rispetto alle altre categorie. Durante la carriera di un ricercatore, il livello di Professore Associato è collegato ad un'alta necessità di pubblicazione per esigenze di carriera e quindi ad un basso profilo di rischio; si potrebbe affermare che il Professore Associato preferisca un rendimento basso e costante rispetto a brusche discontinuità. Quest'ultimo atteggiamento è caratteristico, invece, del Ricercatore (inteso come primo livello di carriera) in quanto quest'ultimo, essendo all'inizio di un percorso, è propenso ad un rischio elevato a fronte di un rendimento elevato. Sostanzialmente indifferente al rischio è, d'altra parte, il Professore Ordinario che collabora mediamente con tutti i livelli di carriera ed è disposto, rispondendo ad un bisogno formativo, ad assumersi i rischi connessi con la crescita professionale ed intellettuale di un giovane ricercatore.

Ipotesi 2

Verificando l'ipotesi H2, dove si poneva che l'aumento della performance dei singoli all'interno di un gruppo fosse correlato positivamente con l'evoluzione del network di ricercatori, è risultato un effetto in generale molto contenuto come ampiezza e significativo in due dipartimenti su quattro. Viene di fatto confermata la validità dei dati inerenti al dipartimento di Statistica e a quello di Sociologia, che riportano effetti dimensionalmente comparabili ma di segno opposto (Tabella 56 - Effetto della Performance sul network).

Sebbene uno degli obiettivi di questo lavoro fosse di mostrare il valore della performance nella crescita dei gruppi di ricerca, questo effetto non emerge chiaramente dai dati perché l'effetto considerato (*Perf*) sarebbe dovuto risultare concorde e positivo per tutti i dipartimenti.

Una delle interpretazioni possibili di questo fenomeno deriva dalla considerazione, presente in letteratura, che il grado di collaborazione sia diverso da una disciplina all'altra. È in genere alta nelle discipline scientifiche e tecniche, e bassa nelle scienze umane, dove è diffusa l'immagine del ricercatore solitario che produce grandi studi chiuso nel suo ufficio o chino sui libri in biblioteca (Endersby 1996; Fisher et al. 1998; Subramanyam 1983).

Anche applicando questa chiave di lettura i dati non sembrano confermare l'ipotesi, in quanto l'effetto considerato risulta negativo per il dipartimento di Statistica (scientifico) e positivo per il dipartimento di Sociologia (umanistico).

Riflettendo sul fenomeno, mettendo per un momento da parte la possibilità, ovviamente reale, che la relazione non esista e che ci potrebbero essere errori di misura, variabili al contorno non considerate nel modello o variabili che mediano la relazione, un ulteriore aspetto che va considerato sono i dati sui quali viene effettuata l'analisi.

Questi dati si riferiscono a dipartimenti nei quali vi è la presenza di ricercatori a molti livelli di carriera e con molti risultati in termini di performance. Questo potrebbe in parte spiegare l'ampiezza contenuta dell'effetto che la performance ha sul network per varie ragioni.

In primo luogo potrebbe saturarsi la possibilità di collaborazione perché vi è un limite alla crescita della performance a causa della legge dei ritorni decrescenti. Questo implica che un

ricercatore che ha alte performance non aumenta le sue relazioni all'infinito, ma ad un certo punto satura il limite e il valore rimane costante. In aggiunta l'evoluzione della carriera talvolta richiede al ricercatore di impegnarsi in attività che non sono collegate direttamente alla ricerca, arrivando ad fenomeno che sul totale dei ricercatori di un dipartimento è quasi a somma zero.

Una possibile spiegazione per il segno che risulta opposto, riguarda la considerazione che nei dipartimenti a carattere scientifico un ricercatore che ha raggiunto alte performance è necessariamente un ricercatore che collabora molto, pertanto può divenire più selettivo sulla scelta dei collaboratori (da qui il segno negativo); nei dipartimenti umanistici, invece, un ricercatore in generale lavora da solo all'inizio per approfondire il suo argomento di ricerca e, successivamente, una volta raggiunto un risultato, cerca collaborazioni per ampliare per contaminazione il campo di indagine.

Ipotesi 3

Indagando l'ipotesi H3, ovvero che l'evoluzione delle performance di un ricercatore che appartiene ad un gruppo avvenga principalmente per influenza si ha un'immediata conferma dall'analisi dai risultati emersi dall'applicazione del primo modello. L'effetto di selezione e quello di influenza sono entrambi presenti e significativi. In particolare, il segno negativo dell'effetto di selezione (*Perf similarity*) potrebbe essere interpretato come indice di una tendenza generale da parte di ogni attore di scegliere partner di ricerca con performance diverse dalle proprie, ovvero per attori ad alte performance di scegliere partner con basse performance e viceversa, ovvero a scegliere giovani da crescere nella propria scuola attraverso il fenomeno dell'influenza.

Proprio per approfondire questo aspetto è stato poi controllato l'effetto del gruppo (o scuola) sull'influenza, rilevando con il secondo modello una tendenza verso la chiusura transitiva che lascia invariato l'effetto di influenza. L'effetto più significativo è quello che misura la tendenza degli attori di tenere i propri collaboratori a distanza 2, infatti il segno negativo di questo parametro è indice di una tendenza a non preferire relazioni indirette con gli altri. Questo fenomeno va a suffragio dell'importanza dei gruppi coesi nel evolversi del fenomeno di influenza.

Approfondendo gli aspetti di influenza, nel terzo modello allo studio, si è rilevata la presenza significativa dell'effetto di *behavior average alter*: questo significa che gli altri, intesi come singoli, influenzano il comportamento di ego. Si noti come questo effetto presenti un segno negativo. Il segno negativo indica che, in media, i legami con gli altri membri del gruppo portano ad una performance decrescente ma, all'interno del gruppo, esiste qualcuno con una performance molto al di sopra degli altri (probabilmente il principal investigator) che emerge quando si considera il gruppo nel suo insieme, ma che se si considera la media di tutti i legami perde di importanza. Questo risultato potrebbe far pensare che sia solamente l'effetto di questo legame particolare con il principal investigator a determinare le performance. Sicuramente questo è vero dalla prospettiva del singolo ricercatore, ma non lo è da quella del

principal investigator, che determina le sue performance dalla collaborazione con molti altri ricercatori che operano in gruppi coesi (Melin 2000).

In questo modello anche l'effetto *behavior on itself* è presente e statisticamente significativo: questo rivela un'autocorrelazione della variabile di performance, ovvero parte della performance nel futuro viene determinata dalla performance del passato.

Si rilevano due fenomeni: in primo luogo quando si inserisce questo effetto l'influenza del gruppo diminuisce ma rimane predominante; in secondo luogo il segno dell'effetto è negativo, ovvero è statisticamente poco probabile che gli attori mantengano alte performance nel tempo, quindi si verifica una tendenza verso il valore medio. Questo in parte giustifica l'interpretazione dell'ipotesi 2 in termini di difficoltà a mantenere alte performance e quindi la tendenza ad arrivare a valori alti di performance e a saturare la spinta innovativa che deriva dalla collaborazione, soprattutto per le discipline di tipo scientifico.

Nell'ultimo modello è stata approfondita la relazione tra omofilia ed influenza ed è risultato che i parametri di influenza rimangono significativi indipendentemente dagli effetti di selezione inseriti e in particolare il genere non risulta significativo per spiegare l'instaurarsi di un legame di collaborazione, mentre molto rilevanti risultano essere la disciplina e la facoltà. Anche l'età anagrafica risulta essere parte del processo di selezione, con un effetto decisamente significativo e di segno negativo. Ancora una volta questo indica la preferenza per attori con una grande differenza di età e in particolare verso persone più giovani, come mostrato in letteratura (Melin 2000). Dato che l'età viene considerata nella scelta dei partner, potrebbe anche trattarsi di un effetto strutturale che rimane valido sia per il network che per la performance, in quanto i nuovi entrati nei network di ricerca sono quasi sempre giovani.

Contributo del lavoro di tesi

Questo lavoro contribuisce alla letteratura in vari modi: da un punto di vista empirico principalmente per l'unicità del dataset considerato, dal punto di vista metodologico fondamentalmente per l'adattamento e l'interpretazione del modello Actor Oriented al caso di reti non orientate e dal punto di vista teorico soprattutto per la comprensione dei meccanismi evolutivi dei gruppi di ricerca.

Contributo empirico

Da un punto di vista empirico questo lavoro ha contribuito a rispondere ad alcune domande che la letteratura aveva identificato come rilevanti ma che non erano mai state affrontate empiricamente. Lo studio del meccanismo di selezione ed influenza, ad esempio, risulta essere un tema ricorrente in letteratura, sia in quella, più specifica, che si è occupata della collaborazione nella scienza (e.g. Eaton et al. 1999; Pravdić et al. 1986), che nella più generale letteratura che si è occupata di collaborazione come fenomeno sociale (e.g. Centola et al. 2006).

Questo è stato possibile grazie alla costruzione di un dataset longitudinale con gli autori univocamente identificati che descrive l'intera produzione scientifica, inclusi i parametri utili al calcolo della performance e alla costruzione dell'intera rete di collaborazione nella ricerca dell'Università di Bologna in termini evolutivi.

A corredo di questa base dati, unica nel suo genere, si affiancano tutte le informazioni inerenti ai ricercatori, sia quelle statiche, come genere, appartenenza disciplinare, facoltà, dipartimento, che quelle dinamiche, come età e livello di carriera (status)

Contributo metodologico

La metodologia adottata in questa tesi è stata frutto dell'interazione con Tom Snijders e Christian Steglich per la definizione di un modello di analisi per non directed networks. Questo modello non è appieno documentato e, seppur implementato in SIENA, non è completamente supportato. La collaborazione si è sviluppata inizialmente per individuare i limiti della metodologia, sia dal punto di vista computazionale che di applicabilità. Successivamente sono stati superati alcuni limiti intrinseci del modello (da ricondurre al tema dei micro-step) che verranno probabilmente implementati nelle prossime versioni di SIENA. Da ultimo vi è stato un confronto rispetto all'interpretazione dei parametri e al significato che questi assumono nel caso di network non orientati.

Uno dei problemi principali che questo lavoro di tesi ha dovuto affrontare è risolvere è inerente alla definizione e successiva individuazione dei gruppi in contesto dinamico, ove le tradizionali definizioni di gruppo non erano adeguate. Si ritiene pertanto un contributo metodologico importante l'individuazione di una definizione di gruppo che rimane valida in un contesto dinamico, a partire dall'individuo.

Lo stesso problema si riconduce alla rappresentazione dei gruppi, per questo è stato concepito un metodo che consente la rappresentazione dell'evoluzione del network considerando anche che la distanza cognitiva tra gli istanti temporali deve permettere l'intelligibilità al ricercatore (Freeman 2000).

Contributo teorico

Questo lavoro argomenta che l'evoluzione dei gruppi di ricerca avvenga principalmente per influenza e che l'effetto di selezione si basi fondamentalmente sull'interesse comune, a partire dalla disciplina oggetto di ricerca.

In tutti i dipartimenti selezionati la ricerca è un fenomeno auto-organizzante, suggerendo che le dinamiche vengano governate dall'interesse personale piuttosto che da fattori organizzativi, strutturali, istituzionali o di policy, come è stato suggerito da altri.

Le scelte di co-authorship sono assimilate, infatti, a scelte strategiche, dove l'individuo valuta le alternative in termini di impegno nella collaborazione, risultato e rischio. Non è un caso se nei dipartimenti scientifici il volume delle co-authorship è più elevato rispetto ai dipartimenti umanistici, in quanto il numero di lavori di ricerca pubblicati nella scienza è quasi di un ordine

di grandezza superiore a quelli pubblicati nei dipartimenti umanistici o delle scienze sociali. La numerosità delle occasioni di co-authorship abbassa il rischio e la difficoltà della scelta.

Quello che può essere un mercato delle collaborazioni è ovviamente un mercato imperfetto, caratterizzato da asimmetria informativa e da scarsità di risorse (i collaboratori), pertanto la decisione di collaborazione, oltre che sulle aspettative si basa anche su altri parametri, come la reputazione, la performance, i successi passati.

Questo sistema, per funzionare, si basa su due considerazioni: la prima è che è necessario che il ricercatore si senta parte di un gruppo di ricerca dove esistono legami forti (Krackhardt 1998), mentre la seconda è che i singoli che appartengono al gruppo di ricerca creino legami deboli all'esterno per sperimentare nuove opportunità di creazione della conoscenza e nuove opportunità di collaborazione (Cowan et al. 2003; Granovetter 1973).

Nel contesto organizzativo, risulta abbastanza semplice ottenere le informazioni necessarie alla decisione di collaborazione, pertanto la performance di un ricercatore viene considerata nel processo di scelta. Uno dei problemi che questo lavoro ha affrontato riguarda l'approfondimento del meccanismo di influenza, arrivando a definire un modello che distingue il contributo del gruppo da quello dei legami individuali più produttivi, fino al contributo individuale. Da queste analisi emerge che il pattern che più influenza la performance del ricercatore è quello del gruppo e quello di alcuni membri in particolare, facendo preferire al ricercatore ad alto potenziale una strategia che consolida la sua posizione all'interno del gruppo (legami forti) prima di dedicarsi a considerare l'esterno con collaborazioni esplorative (legami deboli).

In generale questo lavoro contribuisce ad approfondire in modo quantitativo i legami causali tra le ragioni, la forma e gli effetti che la collaborazione ha sulla performance e viceversa, approfondimento auspicato da una molteplicità di autori in letteratura (e.g. Melin 2000; Wagner et al. 2005b).

Implicazioni

Policy

Da un punto di vista di policy, i risultati di questo lavoro pongono un interessante punto di vista, in quanto emerge che, a prescindere dalle indicazioni o dai finanziamenti, i ricercatori si dedicano alle collaborazioni che ritengono strategiche in un determinato momento, sia dal punto di vista dell'avanzamento della conoscenza, che da quello di crescita personale. Che cosa può fare quindi la policy? Probabilmente non ricercare la collaborazione *per se*, vincolando l'erogazione di fondi a particolari collaborazioni, ma individuare filoni di interesse e chiedere ai ricercatori di trovare autonomamente soluzioni e avanzamenti rispetto a quei filoni. Saranno i ricercatori stessi ad individuare i collaboratori giusti all'interno delle relazioni che hanno già attive o a esplorare il mondo delle collaborazioni possibili al fine di investigare il tema proposto, se di interesse.

Un altro aspetto che dovrebbe essere favorito riguarda la creazione di legami deboli, ovvero iniziative di finanziamento al singolo ricercatore rispetto a collaborazioni specifiche che aprono nuove prospettive alla conoscenza. In aggiunta si potrebbe appoggiare la costruzione di sistemi sociali e di networking che permettano lo scambio di idee e il confronto di interessi nella comunità della scienza, per allargare (al di là dell'organizzazione o delle conferenze) le possibilità di creare contatti.

D'altro canto sarebbe importante non favorire regolamenti e leggi che separano i gruppi di ricerca, in quanto il processo di costruzione di un legame all'interno di un gruppo è un investimento costoso per il singolo ricercatore e va preservato. La mobilità a fini di carriera, ad esempio, è ritenuta non efficace per la qualità della produzione scientifica di un ricercatore, in quanto interrompe i legami forti e il flusso di conoscenza tacita, che sono quelli che più degli altri influenzano la performance stessa. La mobilità di breve periodo, invece, favorisce la creazione di quei legami deboli che garantiscono nuova linfa ai gruppi di ricerca e andrebbe, per questo, favorita.

Un ulteriore punto che emerge da queste analisi è che, dato per assodato che la scelta di collaborazione avviene principalmente per comunanza di interessi, dovrebbe essere lasciata libertà al ricercatore e al gruppo di ricerca di scegliere con chi collaborare, soprattutto nell'acquisizione di nuove risorse. Tutte le pratiche burocratiche volte a garantire la trasparenza del processo garantendo la scelta del "migliore", che sono state introdotte per evitare fenomeni collusivi, in realtà non permettono al ricercatore di scegliere e quindi di impegnarsi in prima persona nella costruzione dei legami necessari che poi determineranno la performance.

Il problema dell'allocazione dei fondi e delle risorse umane è ovviamente critico, in quanto la tensione collegata ad un sistema che si auto-governa e che considera la meritocrazia basata sulla reputazione, genera la tendenza a finanziare solo i centri o i gruppi più in vista. Sarebbe compito del sistema garantire che vi sia visibilità per i centri di eccellenza, compresi quelli piccoli, in modo da concentrare i ricercatori che si occupano di alcuni temi in centri omogenei e successivamente favorire e sostenere una rete tra essi.

Management

Uno dei primi punti che emerge riguardo alle implicazioni di management concerne la gestione dei dipartimenti, in quanto si potrebbe pensare di considerare il gruppo di collaboratori quale entità rilevante per l'organizzazione. Si potrebbe infatti prendere in considerazione la possibilità di chiedere a chi collabora di aggregarsi dal basso per stabilire obiettivi e necessità, in modo da ratificare l'esistenza di gruppi con comunità di interessi e permettere ai ricercatori di partecipare per una quota parte del loro tempo a più gruppi. In questo modo l'entità che viene riconosciuta da chi guida il dipartimento potrebbe essere il gruppo di ricerca, al quale partecipano i singoli ricercatori spontaneamente e che vive se vi sono ricercatori che producono nuova conoscenza rispetto ai temi di comune interesse.

Un ulteriore aspetto riguarda le decisioni che il singolo ricercatore, aumentando la propria consapevolezza delle dinamiche che correlano le sue performance con quelle del gruppo, ha la possibilità di considerare rispetto alle sue collaborazioni. Potrebbero essere sviluppati una serie di strumenti che il singolo ricercatore utilizzerebbe per analizzare la sua situazione attuale dal punto di vista della collaborazione e della performance e capire quali altre collaborazioni potrebbe esplorare, qual è il rischio connesso e gli interessi condivisi.

Dal punto di vista dell'organizzazione strumenti a supporto della collaborazione dovrebbero essere forniti in modo dinamico, a supporto dei legami che vengono attivati. Si potrebbe pensare sia a strumenti informatici, come ad esempio spazi virtuali di collaborazione, accesso a letteratura condivisa, strumenti di comunicazione in tempo reale e differita, che a luoghi fisici dove lavorare in gruppo o poter disporre delle attrezzature necessarie per il tempo della collaborazione.

Limiti

Uno dei principali limiti di questa ricerca è di carattere metodologico, in quanto non è possibile estendere direttamente lo studio a popolazioni con affiliazione media per articolo maggiore di due. Questo limite discende da come è attualmente implementato SIENA nei confronti dei network 2-mode. In termini generali, se l'affiliazione attore-evento supera le due unità, SIENA si trova da un periodo all'altro a dover trattare la nascita di un gruppo coeso pari al numero di unità che hanno partecipato all'evento. Questo viene gestito dal modello, ma la significatività dei risultati risulta di molto inferiore, perché SIENA simula tutte le possibili combinazioni di micro-step e le confronta con la situazione reale, derivando un'anomalia nella costruzione dei legami. Questo limite può essere superato fondamentalmente in due modi: il primo consiste nell'implementare una versione di SIENA che consideri questi eventi come eventi a parte e non li includa nel modello, confrontando l'evoluzione del network senza questi eventi con quella con questi eventi e prendendo in considerazione solo i legami aggiuntivi rispetto a quelli già considerati. Il secondo metodo invece è di tipo visuale e richiede al ricercatore di computare il network completo sommando tutti i legami di tutti gli anni considerati e di confrontarlo con il network dei legami che derivano da eventi con, al massimo, 2 attori: se i due network sono uguali (o molto simili) si può procedere con l'analisi utilizzando il dataset ridotto, altrimenti bisogna computare un network differenza e togliere dagli eventi con più attori i legami ridondanti²³.

Un secondo limite è inerente alla trattazione dell'omofilia e della funzionalità. Per questo lavoro è stato considerato omofiliaco un legame tra due ricercatori che appartengono al medesimo raggruppamento disciplinare e funzionale un legame tra due ricercatori che appartengono a due diversi raggruppamenti. In realtà l'omofilia e la funzionalità si potrebbero riferire all'interesse di ricerca del singolo ricercatore. Per superare questo limite è opportuno ricorrere alle ontologie, ovvero a quelle tecniche semantiche che permettono di estrarre le

²³ Questa ultima attività è possibile anche come operazione tra matrici di adiacenza

parole chiave e i temi di ricerca a partire dai testi dei prodotti della ricerca dei singoli ricercatori (Carley 1999).

Sebbene la validità interna del modello sembri alta, il lavoro eredita i limiti della metodologia utilizzata (Actor Oriented Model) che non permette il confronto con altri tipi di analisi, pertanto non risulta ad oggi possibile utilizzare gli strumenti ordinari della statistica per verificare che i risultati siano coerenti.

Dal punto di vista della validità esterna, considerando quattro dipartimenti si tende ad escludere effetti culturali, ma avendo considerato dati che appartengono ad un'unica organizzazione, non si possono escludere che vi siano altre variabili, ad esempio di tipo demografico o geografico, che influenzano i risultati qui descritti.

Un ulteriore elemento che è opportuno considerare riguarda la scelta del campione; sebbene le tecniche di campionamento siano state descritte e siano di comune utilizzo, non essendo totalmente casuale ma prendendo come riferimento il dipartimento, potrebbe esserci un bias relativo alla collaborazione inter-dipartimentale²⁴.

Sviluppi futuri

Data la natura esplicativa di questo lavoro di tesi, vi sono molteplici direzioni di ricerca futura in questo campo. Nel seguito si trattano le principali.

In primo luogo sarebbe utile ripetere l'analisi con dataset di più atenei o in alternativa comparare dipartimenti simili in università differenti. Questo aumenterebbe la validità esterna del modello e contribuirebbe a comprendere anche l'aspetto culturale della collaborazione.

Secondariamente sarebbe interessante studiare modelli per identificare i singoli e i gruppi ad alte performance, sia in termini di potenziale (ad esempio collaborazione non ancora saturata nel gruppo, grande presenza di legami deboli, presenza di pochi ricercatori ad alte performance e di molti a basse performance con performance complessiva alta), che in termini di identificazione di un potenziale problema (ad esempio saturazione delle collaborazioni, tutti i ricercatori già ad alte performance).

Si ritiene poi fondamentale comprendere appieno quali sono i pattern di successo per i singoli ricercatori nelle varie discipline, per poi disegnare percorsi di carriera che favoriscano le performance, identificare le potenziali avanguardie e i ricercatori ad alto potenziale.

Dal punto di vista dello studio della coesione, sarebbe interessante introdurre il concetto di performance organizzativa, ovvero studiare l'effetto della performance nella ricerca sulla carriera dei singoli ricercatori, introducendo nel modello la coesione dei gruppi, la tendenza a creare legami e la performance del gruppo.

²⁴ Si precisa che per i dipartimenti considerati è stato controllato questo limite includendo tutti i collaboratori interni a Bologna individuati nei lavori di ricerca del dipartimento stesso.

Un ulteriore approfondimento potrebbe portare a comprendere se vi è un momento cosciente in cui il gruppo organizza se stesso e quali variabili entrano in gioco; sulla base di queste poi identificare la struttura sociale che porta ad un vantaggio competitivo.

Bibliografia

- Ajiferuke, I. "A Probabilistic Model for the Distribution of Authorships," *Journal of the American Society for Information Science* (42:4) 1991, pp 279-289.
- Athey, S., and Plotnicki, J. "An evaluation of research productivity in academic IT," *Communications of the AIS* (3:2) 2000.
- Atkinson, P., Batchelor, C., and Parsons, E. "Trajectories of Collaboration and Competition in a Medical Discovery," *Science, Technology, & Human Values* (23:3), Summer 1998, pp 259-284.
- Backstrom, L., Huttenlocher, D., Kleinberg, J., and Lan, X. "Group formation in large social networks: membership, growth, and evolution," in: *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* ACM Press, Philadelphia, PA, USA, 2006, pp. 44-54.
- Banks, D.L., and Carley, K.M. "Models for Network Evolution," in: *Evolution of Social Networks*, P. Doreian and F.N. Stokman (eds.), Gordon and Breach Publisher, Amsterdam, 1997.
- Barabási, A.-L., and Albert, R. "Emergence of Scaling in Random Networks," *Science* (286:5439), October 15, 1999 1999, pp 509-512.
- Barabási, A.-L., Jeong, H., Neda, Z., Ravasz, E., Schubert, A., and Vicsek, T. "Evolution of the social network of scientific collaborations," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* (311:3-4) 2002, pp 590-614.
- Batagelj, V., and Mrvar, A. "Pajek – Program for Large Network Analysis.," 2007.
- Batista, P.D., Campitelli, M.G., and Kinouchi, O. "Is it possible to compare researchers with different scientific interests?," *Scientometrics* (68:1) 2006, pp 179-189.
- Bauman, K.E., Faris, R., Ennett, S.T., Hussong, A., and Foshee, V.A. "Adding valued data to social network measures: Does it add to associations with adolescent substance use?," *Social Networks* (29:1) 2007, pp 1-10.
- Beaver, D. "Reflections on Scientific Collaboration (and its study): Past, Present, and Future," *Scientometrics* (52:3) 2001, pp 365-377.
- Beaver, D. "Does collaborative research have greater epistemic authority?," *Scientometrics* (60:3) 2004, pp 399-408.
- Beaver, D., and Rosen, R. "Studies in scientific collaboration Part I. The professional origins of scientific co-authorship," *Scientometrics* (1:1) 1978, pp 65-84.
- Beaver, D., and Rosen, R. "Studies in scientific collaboration Part II. Scientific co-authorship, research productivity and visibility in the French scientific elite, 1799–1830," *Scientometrics* (1:2) 1979a, pp 133-149.
- Beaver, D., and Rosen, R. "Studies in scientific collaboration Part III. Professionalization and the natural history of modern scientific co-authorship," *Scientometrics* (1:3) 1979b, pp 231-245.
- Bender-deMoll, S., and McFarland, D.A. "The Art and Science of Dynamic Network Visualization," *Journal of Social Structure* (7) 2006.
- Boer, P., Huisman, M., Snijders, T.A.B., and Zeggelink, E.P.H. *StOCNET: an open software system for the advanced statistical analysis of social networks. Version 1.4* ProGAMMA / ICS, Groningen, 2003.

- Borgatti, S.P., Everett, M.G., and Freeman, L.C. *UCINET 6.0 Version 6.178 Analytic Technologies*, Natick, 2007.
- Bozeman, B., and Corley, E. "Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital," *Research Policy* (33:4) 2004, pp 599-616.
- Braun, T., Glänzel, W., and Schubert, A. "Publication and cooperation patterns of the authors of neuroscience journals," *Scientometrics* (50:3) 2001, pp 499-510.
- Burk, W.J., Steglich, C.E.G., and Snijders, T.A.B. "Beyond dyadic interdependence: Actor-oriented models for co-evolving social networks and individual behaviors," *International Journal of Behavioral Development* (31) 2007, pp 397-404.
- Burt, R.S. *Structural Holes: The Social Structure of Competition* Harvard University Press, Cambridge, MA, 1992.
- Calero, C., Buter, R., Cabello Valdés, C., and Noyons, E. "How to identify research groups using publication analysis: an example in the field of nanotechnology," *Scientometrics* (66:2) 2006, pp 365-376.
- Carley, K.M. "On the Evolution of Social and Organizational Networks," in: *Networks In and Around Organizations*, S.B. Andrews and D. Knoke (eds.), JAI Press, Inc., Stamford, CT, 1999, pp. 3-30.
- Carrington, P.J., Scott, J., and Wasserman, S. *Models and Methods in Social Network Analysis* Cambridge University Press, New York, 2005.
- Centola, D., Gonzalez-Avella, J.C., Eguiluz, V.M., and Miguel, M.S. "Homophily, Cultural Drift and the Co-Evolution of Cultural Groups," in: *arXiv:physics/0609213v2 [physics.soc-ph]*, 2006.
- Chin, G., Myers, J.D., and Hoyt, D.W. "Social Networks in the Virtual Science Laboratory," *Communications of the ACM ; VOL. 45 ; ISSUE: 8 ; PBD: 1 Dec 2001* 2001, pp page(s) 87-92.
- Chompalov, I., Genuth, J., and Shrum, W. "The organization of scientific collaborations," *Research Policy* (31:5) 2002, pp 749-767.
- Clarke, B.L. "Multiple Authorship Trends in Scientific Papers," *Science* (143:3608) 1964, pp 822-824.
- Coleman, J.S. *Introduction to Mathematical Sociology* Free Press of Glencoe, New York, 1964.
- Cooper, C., and Frieze, A.M. "A General Model of Undirected Web Graphs," in: *Algorithms - ESA 2001*, 2001, p. 500.
- Cowan, R., and Jonard, N. "The dynamics of collective invention," *Journal of Economic Behavior & Organization* (52:4) 2003, pp 513-532.
- Cronin, B., Shaw, D., and Barre, K.L. "A cast of thousands: Coauthorship and subauthorship collaboration in the 20th century as manifested in the scholarly journal literature of psychology and philosophy," *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (54:9) 2003, pp 855-871.
- Cronin, B., Shaw, D., and Barre, K.L. "Visible, less visible, and invisible work: Patterns of collaboration in 20th century chemistry," *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (55:2) 2004, pp 160-168.
- Dickson, D. "Science and Foreign Policy: Knowledge as Imperialism," in: *The New Politics of Science*, U.o.C. Press (ed.), Chicago, 1988, pp. 163-217.
- DiMaggio, P.J., and Powell, W.W. "The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields," *American Sociological Review* (48:2) 1983, pp 147-160.
- Dundar, H., and Lewis, D.R. "DETERMINANTS OF RESEARCH PRODUCTIVITY IN HIGHER EDUCATION," *Research in Higher Education* (39:6) 1998, pp 607-631.
- Durden, G., and Perri, T. "Coauthorship and publication efficiency," *Atlantic Economic Journal* (23:1) 1995, pp 69-76.

- Eaton, J.P., Ward, J.C., Kumar, A., and Reingen, P.H. "Structural Analysis of Co-Author Relationships and Author Productivity in Selected Outlets for Consumer Behavior Research," *Journal of Consumer Psychology* (8:1) 1999, pp 39-59.
- Endersby, J.W. "Collaborative Research in the Social Sciences: Multiple Authorship and Publication Credit," *Social Science Quarterly* (77) 1996, pp 375-392.
- Ennett, S.T., and Bauman, K.E. "The Contribution of Influence and Selection to Adolescent Peer Group Homogeneity: The Case of Adolescent Cigarette Smoking," *Journal of Personality and Social Psychology* (67:4) 1994, pp 653-663.
- Etzkowitz, H. "Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university," *Research Policy* (32) 2003, pp 109-121.
- Etzkowitz, H., and Leydesdorff, L. "The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations," *Research Policy* (29:2) 2000, pp 109-123.
- Fisher, B.S., Cobane, C.T., Ven, T.M.V., and Cullen, F.T. "How Many Authors Does It Take to Publish an Article? Trends and Patterns in Political Science," *PS: Political Science and Politics* (31:4) 1998, pp 847-856.
- Freeman, L.C. "Centrality in Social Networks I: Conceptual clarification," *Social Networks* (1) 1979, pp 215-239.
- Freeman, L.C. "Visualizing Social Networks," *Journal of Social Structure* (1:1) 2000.
- Friedkin, N.E. *A Structural Theory of Social Influence* Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1998.
- Glänzel, W. "Coauthorship patterns and trends in the sciences (1980-1998): A bibliometric study with implications for database indexing and search strategies," *Library Trends* (50:3) 2002, p 461.
- Glänzel, W., and Schubert, A. "Analysing Scientific Networks Through Co-Authorship," in: *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, 2005a, pp. 257-276.
- Glänzel, W., and Schubert, A. "Domesticity and internationality in co-authorship, references and citations," *Scientometrics* (65:3) 2005b, pp 323-342.
- Granovetter, M. "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness," *The American Journal of Sociology* (91:3) 1985, pp 481-510.
- Granovetter, M.S. "The Strength of Weak Ties," *The American Journal of Sociology* (78:6) 1973, pp 1360-1380.
- Gupta, B., Kumar, S., and Rousseau, R. "Applicability of selected probability distributions to the number of authors per article in theoretical population genetics," *Scientometrics* (42:3) 1998, pp 325-334.
- Guzzetti, L. *A brief history of European Union research policy* Office for Official Publications of the European Communities DG XII, Luxembourg, 1995, p. 237.
- Hagstrom, W.O. *The scientific community* Southern Illinois University Press, Carbondale, 1965.
- Havemann, F. "Collaboration Behaviour of Berlin Life Science Researchers in the Last Two Decades of the Twentieth Century as Reflected in the Science Citation Index," *Scientometrics* (52:3) 2001, pp 435-443.
- Heffner, A. "Funded research, multiple authorship, and subauthorship collaboration in four disciplines," *Scientometrics* (3:1) 1981, pp 5-12.
- Herbstein, F. "Measuring "publications output" and "publications impact" of faculty members of a university chemistry department," *Scientometrics* (28:3) 1993, pp 349-373.
- Holland, P., and Leinhardt, S. "A dynamic model for social networks," *Journal of Mathematical Sociology* (5) 1977, pp 5-20.
- Howard D. White, K.W.M. "Visualizing a discipline: An author co-citation analysis of information science, 1972-1995," *Journal of the American Society for Information Science* (49:4) 1998, pp 327-355.

- Huang, H.-H., and Hsu, J.S.-C. "AN EVALUATION OF PUBLICATION PRODUCTIVITY IN INFORMATION SYSTEMS: 1999 TO 2003 -," *Communications of the ACM* (2005) 2005, pp 555-564.
- Huisman, M., and Snijders, T.A.B. "Statistical Analysis of Longitudinal Network Data With Changing Composition," *Sociological Methods Research* (32:2), November 1, 2003 2003, pp 253-287.
- Jappe, A. "Explaining international collaboration in global environmental change research," *Scientometrics* (71:3) 2007, pp 367-390.
- Kamada, T., and Kawai, S. "An algorithm for drawing general undirected graphs," *Inf. Process. Lett.* (31:1) 1989, pp 7-15.
- Katz, J. "Geographical proximity and scientific collaboration," *Scientometrics* (31:1) 1994, pp 31-43.
- Katz, J.S., and Martin, B.R. "What is research collaboration?," *Research Policy* (26:1) 1997, pp 1-18.
- Katz, L., and Proctor, C. "The concept of configuration of interpersonal relations in a group as a time-dependent stochastic process," *Psychometrika* (24:4) 1959, pp 317-327.
- Koskinen, J.H., and Snijders, T.A.B. "Bayesian inference for dynamic social network data," *Journal of Statistical Planning and Inference* (137) 2007, pp 3930-3938.
- Kossinets, G., and Watts, D.J. "Empirical Analysis of an Evolving Social Network," *Science* (311:5757), January 6, 2006 2006, pp 88-90.
- Krackhardt, D. "Simmelian ties: Super strong and stick," in: *Power and Influence in Organizations*, R.K.a.M. Neale (ed.), SAGE, Thousand Oaks, Ca, 1998, pp. 21-38.
- Krackhardt, D., and Handcock, M. "Heider vs Simmel: Emergent Features in Dynamic Structure.," *Statistical Network Analysis: Models, Issues and New Directions*, Springer, New York, 2007.
- Krackhardt, D., and Kilduff, M. "Structure, culture and Simmelian ties in entrepreneurial firms," *Social Networks* (24:3) 2002, pp 279-290.
- Krackhardt, D., and Stern, R.N. "Informal Networks and Organizational Crises: An Experimental Simulation," *Social Psychology Quarterly* (51:2) 1988, pp 123-140.
- Kraut, R.E., Egidio, C., and Galegher, J. "Patterns of contact and communication in scientific research collaborations," in: *Intellectual teamwork: social and technological foundations of cooperative work* Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, NJ, USA, 1990, pp. 149 - 171.
- Kretschmer, H. "Patterns of behaviour in coauthorship networks of invisible colleges," *Scientometrics* (40:3) 1997, pp 579-591.
- Kretschmer, H. "Author productivity and geodesic distance in bibliographic co-authorship networks, and visibility on the Web," *Scientometrics* (60:3) 2004, pp 409-420.
- Laredo, P. "University Research Activities: On-going Transformations and New Challenges," *Higher Education Management and Policy* (15:1) 2003, pp 105-123.
- Latour, B. *La scienza in azione : introduzione alla sociologia della scienza* Edizioni di Comunità, Torino, 1998, p. 376.
- Laudel, G. "Collaboration, creativity and rewards: why and how scientists collaborate," *International Journal of Technology Management* (22:7-8) 2001.
- Laudel, G. "What do we measure by co-authorships?," *Research Evaluation* (11) 2002, pp 3-15.
- Lazarsfeld, P., and Merton, R.K. "Friendship as a social Process: A Substantive and Methodological Analysis," in: *Freedom and Control in Modern Society*, Morroe B, Theodore A, and Page CH, V. Nostrand (ed.), New York, 1954.
- Lee, S., and Bozeman, B. "The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity," *Social Studies of Science* (35:5), October 1, 2005 2005, pp 673-702.

- Leenders, R.T.A.J. "Models for network dynamics: a Markovian Framework," *Journal of Mathematical Sociology* (20) 1995, pp 1-21.
- Li, M., Wu, J., Wang, D., Zhou, T., Di, Z., and Fan, Y. "Evolving model of weighted networks inspired by scientific collaboration networks," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* (375:1) 2007, pp 355-364.
- Lindsey, D. "Production and Citation Measures in the Sociology of Science: The Problem of Multiple Authorship," *Social Studies of Science* (10:2) 1980, pp 145-162.
- Long, J., and McGinnis, R. "On adjusting productivity measures for multiple authorship," *Scientometrics* (4:5) 1982, pp 379-387.
- Lotka, A.J. "The frequency distribution of scientific productivity," *Journal of the Washington Academy of Sciences* (16) 1926, pp 317-323.
- Luukkonen, T., Tijssen, R., Persson, O., and Sivertsen, G. "The measurement of international scientific collaboration," *Scientometrics* (28:1) 1993, pp 15-36.
- Marsden, P.V. "Homogeneity in confiding relations," *Social Networks* (10:1) 1988, pp 57-76.
- Mathiassen, L. "Collaborative practice research," *Information Technology & People* (15) 2002, pp 321-345.
- McPherson, J.M., Popielarz, P.A., and Drobnic, S. "Social Networks and Organizational Dynamics," *American Sociological Review* (57:2) 1992, pp 153-170.
- McPherson, M. "An Ecology of Affiliation," *American Sociological Review* (48:4) 1983, pp 519-532.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., and Cook, J.M. "BIRDS OF A FEATHER: Homophily in Social Networks," *Annual Review of Sociology* (27:1) 2001, pp 415-444.
- Meadows, A.J. *Communication in Science* Butterworths, London, 1974.
- Melin, G. "Pragmatism and self-organization: Research collaboration on the individual level," *Research Policy* (29:1) 2000, pp 31-40.
- Melin, G., and Persson, O. "Studying research collaboration using co-authorships," *Scientometrics* (36:3) 1996, pp 363-377.
- Moody, J. "The Structure of a Social Science Collaboration Network: Disciplinary Cohesion from 1963 to 1999," *American Sociological Review* (69:2) 2004, pp 213-238.
- Moody, J., and White, D.R. "Structural Cohesion and Embeddedness: A Hierarchical Concept of Social Groups," *American Sociological Review* (68:1) 2003, pp 103-127.
- Morris, S.A., and Goldstein, M.L. "Manifestation of research teams in journal literature: A growth model of papers, authors, collaboration, coauthorship, weak ties, and Lotka's law," *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (58:12) 2007, pp 1764 - 1782.
- Newman, M. "Who Is the Best Connected Scientist? A Study of Scientific Coauthorship Networks," in: *Complex Networks*, 2004a, pp. 337-370.
- Newman, M.E.J. "From the Cover: The structure of scientific collaboration networks," *PNAS* (98:2), January 16, 2001 2001, pp 404-409.
- Newman, M.E.J. "Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration," *PNAS* (101:suppl_1), April 6, 2004 2004b, pp 5200-5205.
- Nucleo di Valutazione d'Ateneo, B. "Rapporto di Valutazione," Università degli Studi di Bologna, Bologna.
- Nucleo di Valutazione d'Ateneo, B. "Rapporto di Valutazione," Università degli Studi di Bologna, Bologna.
- Nucleo di Valutazione d'Ateneo, B. "Rapporto di Valutazione - relazioni allegate," Università degli Studi di Bologna, Bologna, pp. 325-346.
- Okubo, Y., Miquel, J., Frigoletto, L., and Doré, J. "Structure of international collaboration in science: Typology of countries through multivariate techniques using a link indicator," *Scientometrics* (25:2) 1992, pp 321-351.

- Olson, G.M., and Olson, J.S. "Distance Matters," *Human-Computer Interaction* (15:2&3) 2000, pp 139-178.
- Patel, N. "Collaboration in the professional growth of American sociology," *Social Science Information* (12:6) 1973, pp 77-92.
- Pearson, M., Steglich, C., and Snijders, T. "Homophily and assimilation among sport-active adolescent substance users," *CONNECTIONS* (27:1) 2006, pp 49-65.
- Persson, O., Glänzel, W., and Danell, R. "Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies," *Scientometrics* (60:3) 2004, pp 421-432.
- Porter, A.L., Roper, A.T., Mason, T.W., Rossini, F.A., and Banks, J. *Forecasting and Management of Technology* John Wiley and Sons., New York, 1991.
- Powell, W., White, D., Koput, K., and Owen-Smith, J. "Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences," *American Journal of Sociology* (110:4) 2005, pp 1132-1205.
- Pravdić, N., and Oluić-Vuković, V. "Dual approach to multiple authorship in the study of collaboration/scientific output relationship," *Scientometrics* (10:5) 1986, pp 259-280.
- Price, D.J.d. *Little Science, Big Science* Columbia University Press, New York, 1963.
- Price, D.J.d. *Little Science, big science... and beyond* Columbia University Press, New York, 1986.
- Price, D.J.d., and Beaver, D. "Collaboration in an Invisible College," *American Psychologist* (21:11) 1966, pp 1011-1018.
- Price, D.J.d., and Gursev, S. "Studies in Scientometrics. Part I: Transience and Continuance in Scientific Authorship," in: *International Forum on Information and Documentation*, Moscow, 1976, pp. 17-24.
- Ramesh Babu, A., and Singh, Y. "Determinants of research productivity," *Scientometrics* (43:3) 1998, pp 309-329.
- Rey-Rocha, J., Martín-Sempere, M., and Garzón, B. "Research productivity of scientists in consolidated vs. non-consolidated teams: The case of Spanish university geologists," *Scientometrics* (55:1) 2002, pp 137-156.
- Ruef, M., Aldrich, H.E., and Carter, N.M. "The Structure of Founding Teams: Homophily, Strong Ties, and Isolation among U.S. Entrepreneurs," *American Sociological Review* (68:2) 2003, pp 195-222.
- Sanil, A., Banks, D., and Carley, K. "Models for evolving fixed node networks: Model fitting and model testing," *Social Networks* (17:1) 1995, pp 65-81.
- Savoia, L. "L'analisi della dinamica del network con SIENA," in: *Analisi delle reti sociali. Teorie, metodi, applicazioni a cura di Andrea Salvini*, FrancoAngeli (ed.), Roma, 2007, pp. 100-137.
- Schweinberger, M. "Statistical Modeling of Network Dynamics Given Panel Data: Goodness-of-fit Tests," *Submitted for publication*) 2005.
- Seglen, P., and Aksnes, D. "Scientific Productivity and Group Size: A Bibliometric Analysis of Norwegian Microbiological Research," *Scientometrics* (49:1) 2000, pp 125-143.
- Shrum, W., Chompalov, I., and Genuth, J. "Trust, Conflict and Performance in Scientific Collaborations," *Social Studies of Science* (31:5) 2001, pp 681-730.
- Simmel, G. *The Sociology of Georg Simmel* The Free Press, New York, 1950.
- Slater, P.E. "Role Differentiation in Small Groups " *American Sociological Review* (20:3) 1955, pp 300-310.
- Smith, D., and Katz, J.S. "Collaborative Approaches to Research," HEFCE Fundamental Review of Research Policy and Funding, 2000.
- Smith, M. "The trend toward multiple authorship in psychology," *American Psychologist* (13:10), October 1958 1958, pp 596-599.

- Snijders, T. "Stochastic Actor-oriented Models for Network Change," *Journal of Mathematical Sociology* (21) 1996, pp 149-172.
- Snijders, T. "Models for Longitudinal Network Data," in: *Models and Methods in Social Network Analysis*, P.J. Carrington, J. Scott and S. Wasserman (eds.), Cambridge University Press, New York, 2005a, pp. 215-247.
- Snijders, T., Steglich, C., and Schweinberger, M. "Modeling the Coevolution of Networks and Behavior," in: *Longitudinal Models in the Behavioral and Related Sciences*, K.v. Montfort, J. Oud and A. Satorra (eds.), Lawrence Erlbaum Associates, 2006, pp. 47-72.
- Snijders, T.A.B. "The Statistical Evaluation of Social Network Dynamics," in: *Sociological Methodology*, M.E. Sobel and M.P. Becker (eds.), Blackwell Publishing, London, 2001, pp. 361-395.
- Snijders, T.A.B. "Explained Variation in Dynamic Network Models," *Math. Sci. hum. - Mathematics and Social Sciences* (168:4) 2004, pp 31-41.
- Snijders, T.A.B. "Analysing dynamics of non-directed social networks," in: *SUNBELT XXV International Sunbelt Social Network Conference*, Redondo Beach, Los Angeles, 2005b.
- Snijders, T.A.B., Steglich, C.E.G., Schweinberger, M., and Huisman, M. "Manual for SIENA version 3.2," Groningen: University of Groningen, ICS
Oxford: University of Oxford, Department of Statistics, 2007.
- Sonnenwald, D.H. "Scientific Collaboration: A synthesis of Challenges and Strategies," in: *Annual Review of Information Science and Technology*, B. Cronin (ed.), American Society for Information Science, Washington, 2007, pp. 643-681.
- Spradley, J.P. *The ethnographic interview* Holt, Rinehart and Winston, New York, 1979.
- Steglich, C., Snijders, T.A.B., and Pearson, M. "Dynamic Networks and Behavior: Separating Selection from Influence," 2004, p. Submitted for Publication.
- Stokes, T.D., and Hartley, J.A. "Coauthorship, Social Structure and Influence within Specialties," *Social Studies of Science* (19:1) 1989, pp 101-125.
- Subramanyam, K. "Bibliometric studies of research collaboration: A review," *Journal of Information Science* (6:1), January 1, 1983 1983, pp 33-38.
- Thompson Klein, J. "Prospects for transdisciplinarity," *Futures* (36:4) 2004, pp 515-526.
- Trueba, F., and Guerrero, H. "A robust formula to credit authors for their publications," *Scientometrics* (60:2) 2004, pp 181-204.
- Van De Bunt, G.G., Van Duijn, M.A.J., and Snijders, T.A.B. "Friendship Networks Through Time: An Actor-Oriented Dynamic Statistical Network Model," *Computational & Mathematical Organization Theory* (5:2) 1999, pp 167-192.
- van Raan, A.F.J. "Fatal attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods," *Scientometrics* (62:1) 2005, pp 133-143.
- van Raan, A.F.J. "Performance-related differences of bibliometric statistical properties of research groups: Cumulative advantages and hierarchically layered networks," *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (57:14) 2006a, pp 1919-1935.
- van Raan, A.F.J. "Statistical properties of bibliometric indicators: Research group indicator distributions and correlations," *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (57:3) 2006b, pp 408-430.
- Vignoli, M. "The academic network as a researcher asset," in: *Sunbelt XXVII - International Sunbelt Social Network Conference*, Corfu Island, Greece, 2007a.
- Vignoli, M. "Research groups evolution in a Foreign Language Department," UK Social Network Conference, Queen Mary University of London, London, UK, 2007b, pp. 117-119.
- Wagner, C.S., and Leydesdorff, L. "Mapping the network of global science: comparing international co-authorships from 1990 to 2000," *International Journal of Technology and Globalisation* (1) 2005a, pp 185-208.

- Wagner, C.S., and Leydesdorff, L. "Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science," *Research Policy* (34:10) 2005b, pp 1608-1618.
- Wagner, C.S., Staheli, L., Kadtko, J., Silberglitt, R., and Wong, A. "Linking Effectively: International Cooperation in Science and Technology," in: *Documented Briefings*, RAND Science and Technology, 2002.
- Wasserman, S. "Stochastic Models for Directed Graphs," in: *Department of Statistics*, Harvard University, Cambridge, MA, 1977.
- Wasserman, S. "Analyzing Social Networks As Stochastic Processes," *Journal of the American Statistical Association* (75:370) 1980a, pp 280-294.
- Wasserman, S., and Faust, K. *Social Network Analysis: Methods and Applications* Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1994.
- Wasserman, S., and Pattison, P. "Logit models and logistic regressions for social networks: I. An introduction to Markov graphs andp," *Psychometrika* (61:3) 1996, pp 401-425.
- Wasserman, S.S. "A Stochastic Model for Directed Graphs with Transition Rates Determined by Reciprocity," *Sociological Methodology* (11) 1980b, pp 392-412.
- Watts, D.J., and Strogatz, S.H. "Collective dynamics of /`small-world/' networks," *Nature* (393:6684) 1998, pp 440-442.
- Wengraf, T. *Qualitative Research Interviewing: Biographic Narrative and Semi-Structured Methods* Sage Publications Ltd, Thousand Oaks, CA, 2001.
- Wood, D.J., and Gray, B. "Toward a comprehensive theory of collaboration," *Journal of Applied Behavioral Science* (27) 1991, pp 139-162.
- Wray, K.B. "The Epistemic Significance of Collaborative Research," *Philosophy of Science* (69) 2002, pp 150-168.
- Xi, Y., and Tang, F. "Multiplex Multi-Core Pattern of Network Organizations: An Exploratory Study," *Computational & Mathematical Organization Theory* (10:2) 2004, pp 179-195.

Ringraziamenti

Questo lavoro porta il mio nome, ma non sarebbe stato possibile senza il contributo di molte persone. Anche se in queste poche righe posso citarne per nome solamente alcune, la mia gratitudine è rivolta a tutti quelli che in questi anni mi hanno ascoltato, aiutato, contraddetto, aspettato, sostenuto, sopportato ma soprattutto hanno creduto in me.

Desidero rivolgere un riconoscimento speciale a Claudia Serra, che è stata il mio mentore e il mio riferimento per la comprensione del complesso mondo dell'Accademia e degli accademici. Senza di lei, il Servizio Monitoraggio e Supporto Alla Valutazione Della Ricerca e l'Area della Ricerca dell'Università di Bologna questa tesi non sarebbe stata possibile.

Ringrazio in modo particolare il Professor Alessandro Grandi, la Professoressa Fabiola Bertolotti, l'ing. Elisa Mattarelli, il Professor Raffaele Corrado e tutti i colleghi del CIEG i quali, dedicandomi tutto il tempo possibile, mi hanno consigliato ed indirizzato nel percorso difficile di strutturazione di un progetto di ricerca.

Il mio interesse per le tematiche inerenti all'evoluzione dei gruppi di ricerca e il rapporto con la performance è da ascrivere alla fiducia che Carlo Polacchini e tutto l'ufficio Progetto SIA mi ha accordato, affidandomi, tra le altre cose, il coordinamento del progetto ALMAResearch; interesse che si è qualificato anche grazie al riconoscimento della validità di alcune idee che sono racchiuse in questa tesi da parte di Luca Garlaschelli e della Direzione e Sviluppo delle Attività Web.

Ringrazio i miei amici e colleghi di dottorato, Michele, Fabio, Federica, Federica e Zeljana, Giuseppe, Federica e Riccardo per le lunghe chiacchierate e i preziosi contributi e per aver reso il Dottorato un'esperienza che ricorderò tutta la vita. Sono grato ai miei amici di sempre, che mi sono stati vicini in questi anni di sacrificio, perché è a loro più di tutti che ho sottratto tempo, una particolare considerazione è per Ilaria e Valentina, per non aver desistito di fronte ai miei impegni ed essersi inventate tempi e spazi per continuare a vedersi, nonostante tutto.

La mia più profonda riconoscenza è per Claudia, per le innumerevoli serate trascorse a studiare assieme, per le rinunce e i sacrifici con il sorriso sulle labbra, per la sua presenza costante e la sua costante comprensione, per la sua dedizione e il senso del dovere. Soprattutto perché mi è stata accanto con amore, consapevole che ogni momento trascorso assieme è un mattone per il nostro domani.

Con la mia famiglia, e in particolare con i miei genitori, condivido questo traguardo, per la loro fiducia incrollabile, il loro supporto incondizionato ed in ogni momento, il loro affetto costante e l'incoraggiamento per ogni cosa a cui mi dedico. La motivazione e l'energia che mi trasmettete e che mi caratterizzano mi sono state indispensabili nell'arrivare a questo punto.