

L'intreccio tra attività scientifica e invenzione industriale a Trieste

DOMENICO DE STEFANO

SUSANNA ZACCARIN

1. Introduzione

Negli ultimi anni è notevolmente cresciuto l'interesse verso l'approccio di rete come strumento per l'analisi dei flussi di conoscenza alla base dei processi innovativi. Molto spesso, infatti, tali processi si generano attraverso complessi scambi di conoscenza tra università e imprese¹, come evidenziato da vari studi empirici (Lester, 2005; Ramos-Vielba et al., 2010).

In questa direzione di ricerca, i singoli ricercatori – che rappresentano gli attori chiave nel processo di diffusione dell'innovazione – e l'insieme delle relazioni – reti sociali – in cui essi sono coinvolti rappresentano elementi fondamentali per comprendere come avvenga la diffusione dei meccanismi di conoscenza (Bonaccorsi, Thoma, 2007; Ter Wal, Boschma, 2009).

Sul versante dell'industria, le relazioni di interesse sono usualmente definite come collaborazioni tra inventori che si instaurano per lo sviluppo di "tecnologia" (technological collaboration) mentre sul fronte dell'università sono riferite alla collaborazione scientifica tra autori (scientific collaboration). Il primo tipo di collaborazione è derivato essenzialmente da informazioni sui brevetti; il secondo da informazioni su pubblicazioni accademiche.

Gli studi empirici condotti sino ad ora hanno concentrato l'attenzione sulle relazioni di conoscenza scambiate in specifici ambiti tecnologici e disciplinari (ad esempio bio e nano tecnologie, chimica, o il settore dei lasers e semiconduttori) oppure scambiate tra i membri di specifiche organizzazioni (ad esempio accademici italiani delle "hard sciences" o fisici accademici in Francia) coinvolti sia in collaborazioni tecnologiche che scientifiche (Powell et al., 2005; Bonaccorsi, Thoma, 2007; Breschi, Catalini, 2010; Breschi et al., 2007; Penin, 2010). In questi studi, la rete di relazioni che viene indagata considera usualmente solo uno specifico tipo di legame tra gli attori individuati: collaborazione per invenzione industriale tra chi brevetta (inventori), collaborazione scientifica tra chi pubblica

1 Anche indicati in letteratura come scambi o relazioni "science-technology" o "science-industry".

(autori) oppure l'una o l'altra tra chi è coinvolto in entrambe le attività (autori-inventori). L'analisi di rete è quindi di tipo univariato.

È ampiamente riconosciuto, tuttavia, che il comportamento individuale è influenzato dalla complessa e simultanea interazione di vincoli e opportunità che sorgono dall'intreccio di relazioni multiple sostenute dal singolo individuo (Lazega, Pattison, 1999; Monge, Contractor, 2003; Lomi, Pattison, 2006; Robins, Pattison, 2006; Lee, Monge, 2011).

La produzione di conoscenza e innovazione (scientifica o tecnologica) richiede la partecipazione collettiva di soggetti con differenti competenze ed è abbastanza inverosimile che ciò sia confinato a livello di relazioni singole (univariate). Appare perciò più realistico immaginare che, in una comunità scientifica, la conoscenza fluisca attraverso varie forme di relazioni che interagiscono tra loro (dai contatti informali a scambi di informazioni codificate e collaborazioni formali) e la complessità dei possibili patterns di interconnessione sia di fatto proporzionale alla quantità e varietà di legami che possono essere attivati tra gli attori delle varie organizzazioni (università, centri di ricerca, imprese private,...).

A partire dall'assunzione che la conoscenza può fluire dall'università al mercato attraverso differenti modalità interdipendenti di collaborazione e che la tendenza a relazionarsi con altri attraverso modalità plurime è un aspetto chiave dell'evoluzione della rete di conoscenza, questo intervento intende esplorare i patterns di interazione tra attività di invenzione industriale e attività scientifica nell'area di Trieste. In particolare, dopo aver identificato l'insieme di inventori e autori collegati a Trieste per collaborazioni in attività di invenzione industriale e/o in attività scientifica nel periodo 2000-2009, si propone un approccio multivariato (multiple network approach) per lo studio congiunto delle reti di collaborazione di Autori-Inventori (Authors-Inventors, A-I) mediante una analisi di rete su relazioni multiple (collaborazione tecnologica tra Inventori di brevetti e di collaborazione scientifica tra Autori di pubblicazioni) che connettono Autori-Inventori.

2. Dati su brevetti e pubblicazioni per l'identificazione degli A-I

Per ricavare le informazioni sulla comunità locale di Autori-Inventori (A-I) ovvero di ricercatori che hanno prodotto – da soli o in collaborazione con altri – nel periodo considerato sia almeno un brevetto e almeno una pubblicazione, si è fatto riferimento a basi dati su brevetti e all'archivio Saperi che fino al 2009 conteneva informazioni² sulle pubblicazioni prodotte da soggetti con affiliazione (permanente o temporanea) all'università di Trieste.

Nel dettaglio, sono stati estratti tutti i brevetti registrati tra il 2000 e il 2009 presso European Patent Office (EPO), US Patent and Trademark Office (USPTO) e World Intellectual Property Organization (WIPO)³ con indirizzo dell'inventore o dell'assegnatario del brevetto corrispondente a Trieste. La ricerca secondo il domicilio dell'inventore è comunemente utilizzata per attribuire i brevetti alla loro origine geografica. La ricerca è stata estesa anche all'indirizzo dell'assegnatario al fine di recuperare tutta l'attività di brevettazione riferita all'area di Trieste nel periodo esaminato. In totale, sono stati selezionati 349 brevetti presentati da 497 Inventori. Gli ambiti di applicazione dei brevetti (Fig. 1) coprono tutte le otto sezioni previste nella International Patent Classification (IPC) anche se circa il 20% dei brevetti è riferito al settore medico (codice IPC = A61), il 9% alla chimica organica (C07) e il 7% alle comunicazioni elettriche (H03).

Circa 2600 pubblicazioni co-autorate da più di 4500 autori attivi nelle cosiddette scienze “dure” sono state invece estratte dall'archivio Saperi. La scelta, in buona parte obbligata, di fare riferimento ad un archivio di prodotti scientifici centrato sui ricercatori (e loro co-autori) della sola università di Trieste se, da un lato, può essere vista come un limite dello studio, dall'altro consente di identificare il minimo “core” di A-I che operano in questa area.

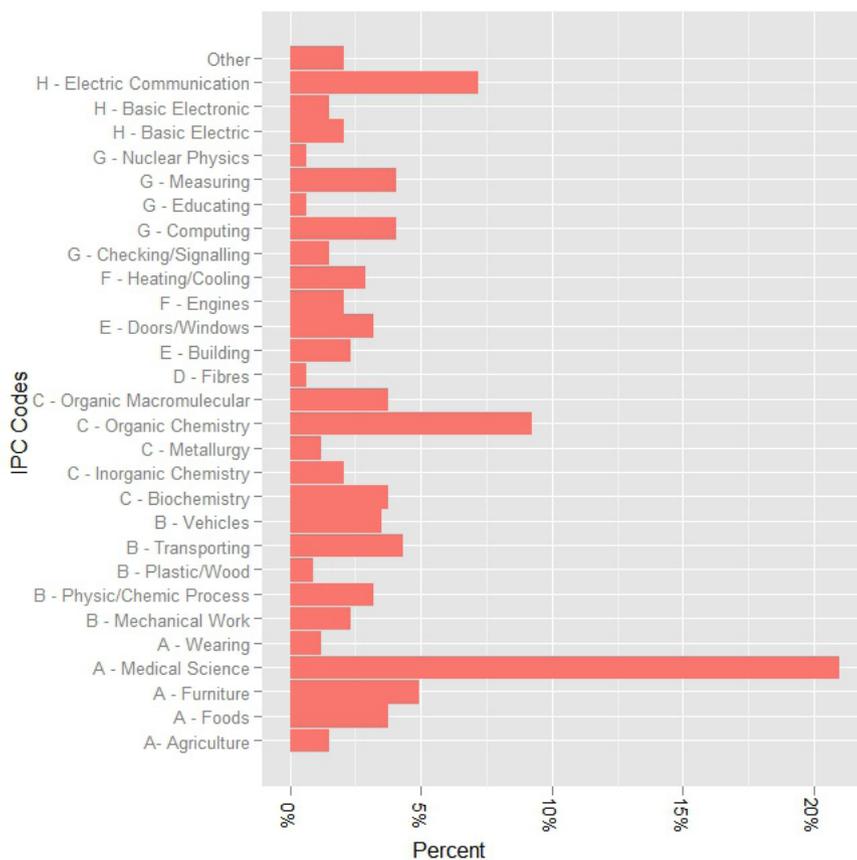
I nominativi degli inventori così individuati sono stati quindi confrontati con gli autori di pubblicazioni scientifiche presenti in Saperi. Il risultato della procedura di matching ha permesso l'identificazione di un gruppo di

2 Dal 2010 i dati sono migrati al nuovo sistema bibliografico U-GOV.

3 Sono stati effettuati anche controlli e integrazioni dall'archivio SCOPUS.

Fig. 1.

Brevetti per International Patent Classification (IPC). Area di Trieste, 2000-2009



129 scienziati (A-I) che sono contemporaneamente coinvolti in attività di brevettazione e pubblicazione e che rappresentano il 26% del totale degli inventori. Questo gruppo detiene il 40% dei brevetti registrati nell'area e il 58% delle pubblicazioni in Saperi.

Ciascuno di essi ha firmato in media circa 2 brevetti (con un range da 1 a 14) e 20 pubblicazioni (con un range da 1 a 227). Il 60% ha una affiliazione universitaria mentre il 18% e il 22% lavorano rispettivamente per centri di ricerca e imprese private. Un po' meno di due su tre (63%) lavorano a Trieste (Tab. 1).

Tab. 1

Autori-inventori (A-I) per tipo di organizzazione e localizzazione geografica. Area di Trieste, 2000-2009

		ORGANIZZAZIONE			
		UNIVERSITÀ	CENTRI DI RICERCA	IMPRESA	TOTALE
Localizzazione geografica	Trieste	62	11	8	81 (63%)
	Fuori Trieste ^a	16	12	20	48 (37%)
Totale		78 (60%)	23 (18%)	28 (22%)	129

^anazionale o estero

Tra i 78 A-I accademici, 77 sono affiliati a università italiane (di cui 68 a università del Friuli Venezia Giulia). La maggior parte di loro è costituita da chimici, biologi e ingegneri (Fig. 2).

La produzione tecnologica e scientifica degli A-I è abbastanza regolare nei dieci anni considerati e mostra un andamento (anche se più per i brevetti che per le pubblicazioni) analogo a quello totale di brevetti e pubblicazioni (Fig. 3). Ciò consente di mantenere l'intero periodo come base di riferimento anche per l'analisi di rete successiva.

Analogamente ai brevetti totali, anche i brevetti firmati dai soli A-I, risultano abbastanza distribuiti tra le otto sezioni IPC, seppure con una maggiore concentrazione nell'ambito medico e della chimica organica (Fig. 4).

Il quadro generale degli A-I nell'area di Trieste rende l'idea di un sistema interconnesso nel quale i risultati della ricerca scientifica sono trasfor-

Fig. 2.

A-I per affiliazione. Area di Trieste, 2000-2009

(codici impresa: 20=chimica; 21=farmaceutica; 26=elettronica; 72=R&D)

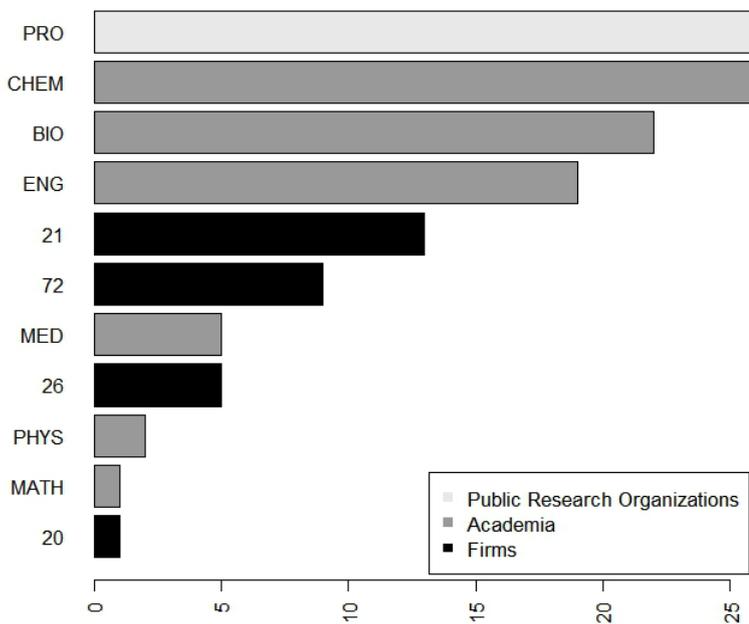


Fig. 3.

Brevetti e pubblicazioni per inventori e A-I. Area di Trieste, 2000-2009

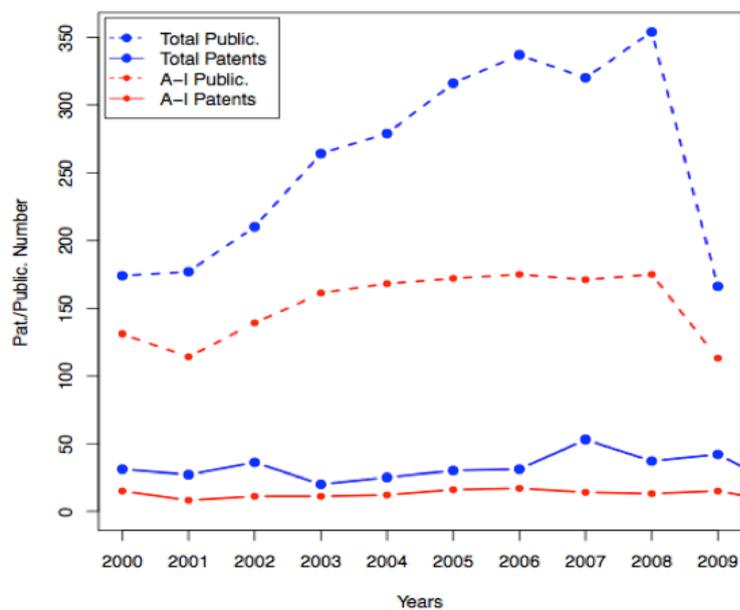
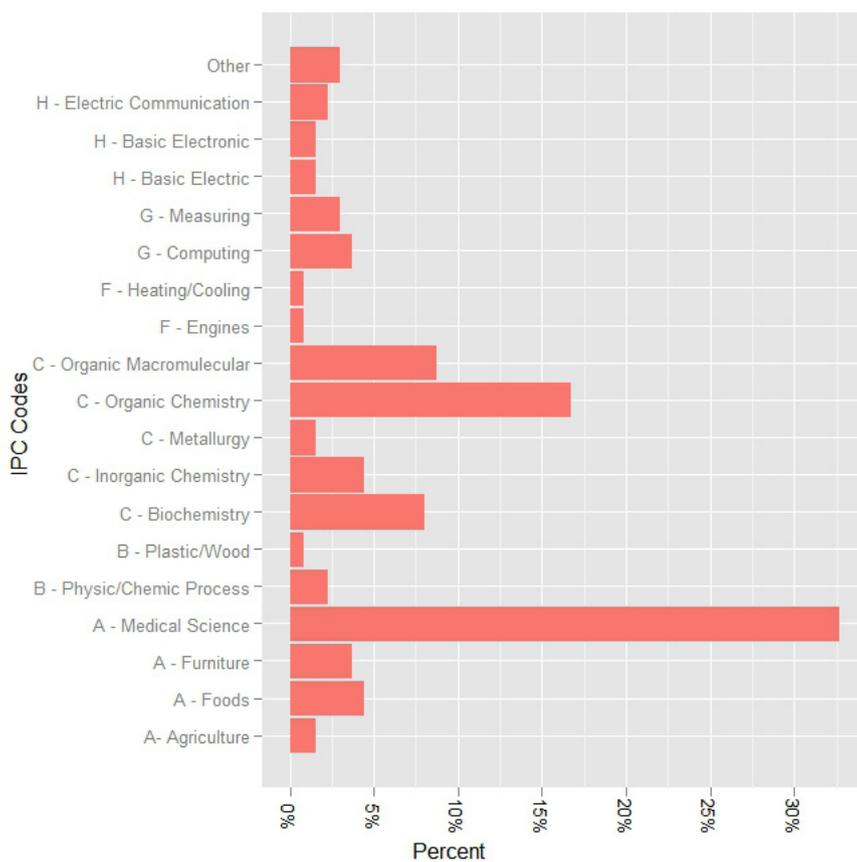


Fig. 4.

Brevetti degli A-I per International Patent Classification (IPC).

Area di Trieste, 2000-2009



mati in brevetti (o viceversa) attraverso la molteplicità di ruoli condivisi da questo gruppo di scienziati.

3. La rete di relazioni multiple e l'approccio ERGM

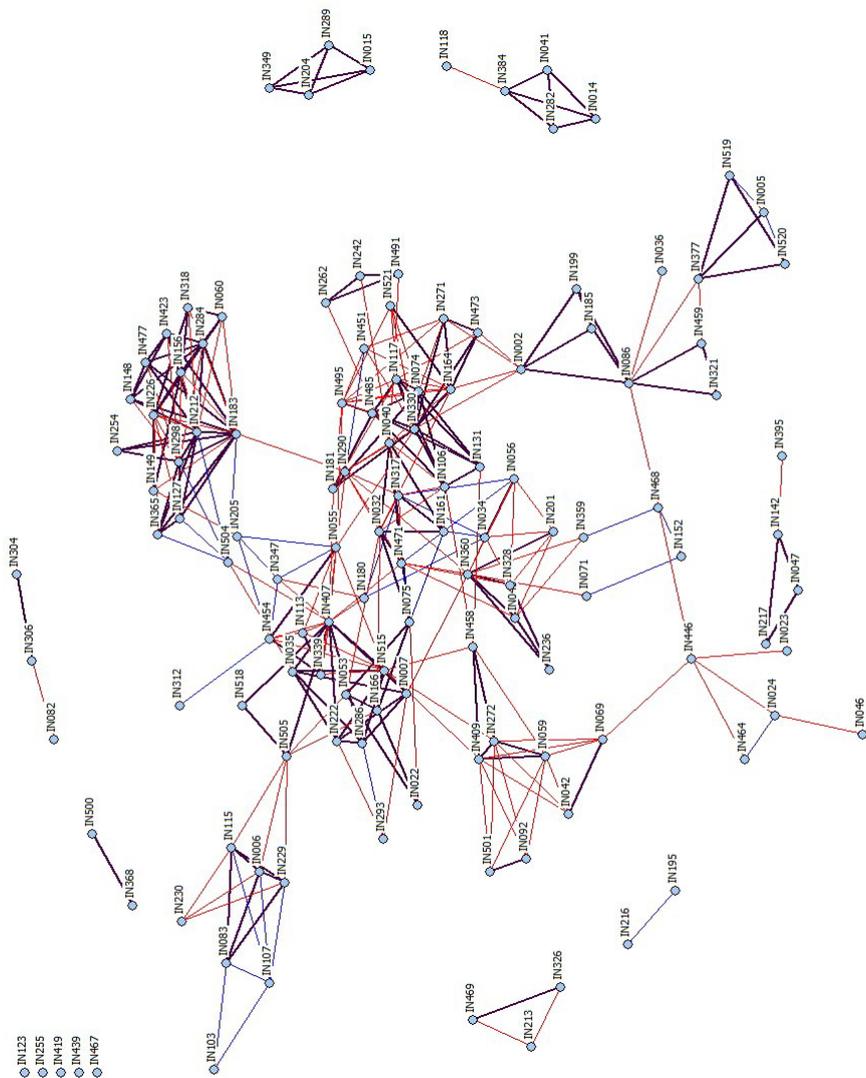
Le interazioni tra relazioni multiple attraverso le quali avviene lo scambio di conoscenza possono essere rappresentate mediante una rete multivariata (detta anche rete multiplex). Una rete multiplex è una struttura multirelazionale definita da una rete Y composta da un insieme V di n nodi (attori sociali) e da una collezione M di relazioni che descrivono come gli n attori sono connessi tra loro. La m -esima relazione è data dalla variabile binaria Y_{ijm} che assume il valore 1 se esiste una relazione di tipo m tra l'attore i e l'attore j e 0 altrimenti. La m -esima rete univariata è non diretta se $Y_{ijm} = Y_{jim}$. Nella nostra applicazione, che considera la collaborazione scientifica e la collaborazione di invenzione industriale tra i 129 A-I identificati per l'area di Trieste, M risulta pari a 2.

La rete multipla che comprende i due tipi di relazioni e la loro intersezione è visualizzata in Fig. 5. Nelle Figure successive, la rete è invece rappresentata con ampiezza dei nodi pari al numero di pubblicazioni (Fig. 6) e al numero di brevetti (Fig. 7) rispettivamente prodotti dagli A-I.

Gli attori collegati dalla linea di intersezione (linea nera in figura) hanno collaborato tra loro sia per la produzione di un brevetto che per la scrittura di un paper scientifico. I legami multipli paiono molto frequenti. Ci sono infatti 150 relazioni di entrambi i tipi rispetto al massimo possibile di 185 (ovvero il minimo numero di legami osservato nella rete univariata della collaborazione sui brevetti). È il caso di notare che la combinazione delle due reti univariate genera una ampia componente che connette la maggior parte degli A-I. Questa evidenza deriva da una forte propensione a condividere competenze e esperienza (flussi di conoscenza) sia nelle attività di brevettazione che pubblicazione.

La Tab. 2 riporta le principali statistiche di rete sia a livello univariato che multiplex. La densità (data dal numero di legami osservati rispetto al massimo possibile tra n nodi) e il numero medio di relazioni (grado medio) mostrano valori leggermente più elevati nella rete di collaborazione scien-

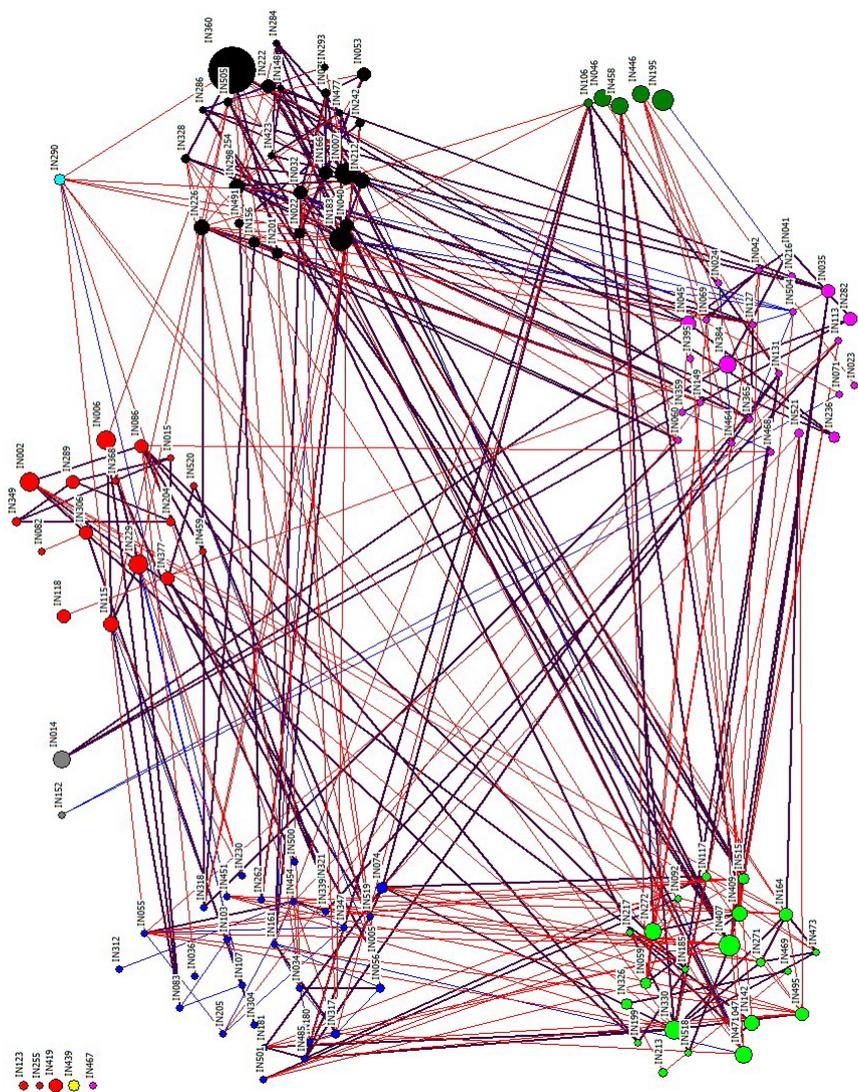
Fig. 5.
Rete multipla



LEGENDA

colore linea: **rosso** = collaborazione scientifica; **blu** = collaborazione per l'invenzione industriale;
nera = entrambe le collaborazioni

Fig. 6.
 Rete multipla con ampiezza dei nodi pari al n.ro di pubblicazioni



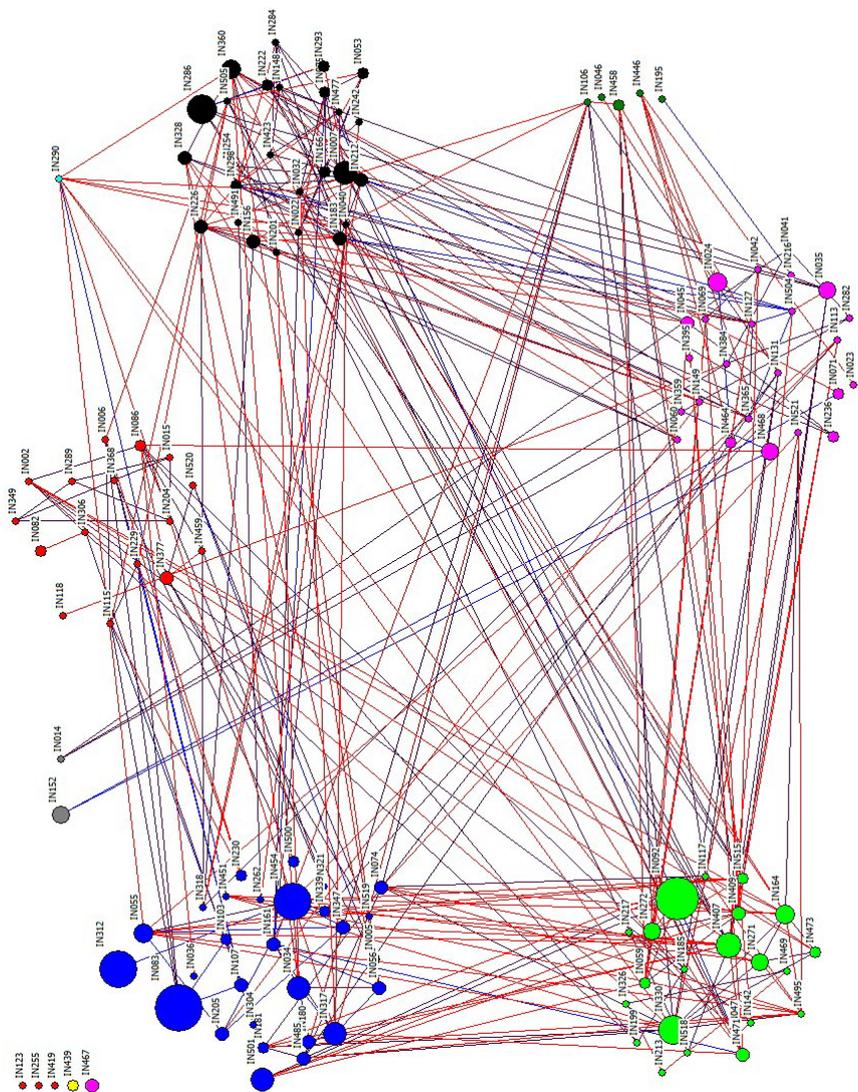
LEGENDA

colore linea: **rosso** = collaborazione scientifica; **blu** = collaborazione per l'invenzione industriale; **nera** = entrambe le collaborazioni

colore nodo: **rosso** = Ingegneria; **nera** = Chimica; **verde** = Biologia; **grigio** = Fisica; **verde scuro** = Medicina (A-I universitari); **blu** = Imprese private; **fucsia** = Centri di ricerca; **giallo** = Altro (A-I non universitari)

Fig. 7.

Rete multipla con ampiezza dei nodi pari al n.ro di brevetti



LEGENDA

colore linea: **rosso** = collaborazione scientifica; **blu** = collaborazione per l'invenzione industriale; **nera** = entrambe le collaborazioni

colore nodo: **rosso** = Ingegneria; **nera** = Chimica; **verde** = Biologia; **grigio** = Fisica; **verde scuro** = Medicina (A-I universitari); **blu** = Imprese private; **fucsia** = Centri di ricerca; **giallo** = Altro (A-I non universitari)

tifica rispetto a quella di collaborazione su brevetti. Anche la connettività complessiva è maggiore nelle pubblicazioni rispetto ai brevetti. Nella prima rete, infatti, una quota pari al 75.2% degli A-I risulta connessa mentre ciò riguarda il 9.3% degli scienziati nella rete dei brevetti. Questi risultati appaiono in linea con quanto riportato in Breschi e Catalini (2010) a livello internazionale per il settore dei lasers e dei semiconduttori.

Tab. 2
Statistiche di rete

STATISTICA	Co-BREVETTAZIONE	Co-PUBBLICAZIONE	MULTIPLEX
n.ro di legami	185	292	150
Densità	0.02	0.03	0.018
Grado medio	2.9	4.5	2.3
Grado max	10	16	10
Centralizzazione	5.6%	9%	6%
n.ro di 2-stelle	313	1164	237
n.ro di triangoli	153	310	117
Attori componente connessa (%)	12 (9.3%)	97 (75.2%)	12 (9.3%)
Coefficiente di clustering	0.49	0.27	0.50

Una questione fondamentale attiene all'identificazione dei meccanismi che guidano il funzionamento congiunto delle relazioni multiple nel sistema considerato. Un approccio particolarmente fruttuoso in questo senso mira ad individuare i fattori strutturali (detti anche endogeni) e i fattori esogeni che determinano le interazioni nelle reti osservate. L'effetto di tali fattori può essere valutato attraverso uno specifico modello statistico in grado di analizzare le interdipendenze tra dati relazionali. A questo fine, la classe dei modelli Exponential Random Graph (ERGM, anche noti come modelli p^* , Pattison, Wasserman, 1999; Robins et al., 2007) definisce la probabilità di osservare una particolare struttura reticolare in funzione di specifiche configurazioni strutturali della rete (sottostrutture) e di caratteristiche degli attori. Una sottostruttura rappresenta una ben definita configurazione di legami che collega un insieme di nodi.

La forma generale del modello ERG è la seguente:

$$\Pr(\mathbf{Y} = \mathbf{y}) = \left(\frac{1}{k}\right) \exp\left(\sum_{\mathcal{A}} \lambda_{\mathcal{A}} \prod_{Y_{ijm} \in \mathcal{A}} y_{ijm}\right) \quad (1)$$

dove \mathbf{Y} è una variabile casuale relazionale multivariata con $Y_{ijm} = 1$ se esiste una relazione di tipo m tra l'attore i e l'attore j e 0 altrimenti; \mathcal{A} è un sottoinsieme di relazioni (sottostruttura reticolare); $\lambda_{\mathcal{A}}$ indica il parametro associato alla sottostruttura \mathcal{A} (che deve essere stimato dai dati); i termini $\prod_{Y_{ijm} \in \mathcal{A}} y_{ijm}$ indicano le statistiche di rete corrispondenti alla sottostruttura \mathcal{A} ; k è una costante di normalizzazione.

Il modello (1) sarà utilizzato nel seguito per l'analisi delle interazioni tra la collaborazione per i brevetti e la collaborazione scientifica tra la comunità degli A-I dell'area di Trieste anche al fine di verificare specifiche ipotesi sulle determinanti della rete di collaborazione multipla.

4. Le interazioni nella rete multipla degli A-I: ipotesi di lavoro e risultati

È possibile ipotizzare che meccanismi complessi originati da fattori endogeni relativi alle modalità con cui avviene la collaborazione per un brevetto e/o per una pubblicazione ma anche da specifiche caratteristiche e condizioni esterne degli attori coinvolti siano alla base della rete di relazioni multiple che unisce tra loro i 129 A-I. Idealmente, è possibile esprimere questi complessi processi di formazione dei legami in termini di parametri di modelli ERG multiplex (M-ERGM, illustrati nella sezione precedente) associati a particolari sottostrutture di rete – che saranno interpretati come effetti dati da fattori strutturali endogeni – e a caratteristiche (covariate) specifiche degli attori – che saranno a loro volta interpretati come effetti esogeni alla struttura di rete. Attraverso la stima dei modelli così specificati sarà possibile quindi sottoporre a verifica alcune ipotesi di formazione dei legami.

Nel dettaglio, le ipotesi di lavoro formulate per descrivere i possibili meccanismi che governano il sistema di relazioni multivariate osservate tra gli A-I sono:

- *ipotesi relative a fattori endogeni collegati alla struttura reticolare*
 - H1: la presenza di una relazione aumenta la probabilità di osservare anche l'altra (*entrainment*)
 - H2: modesta tendenza all'accentramento intorno a pochi ricercatori che lavorano con molti altri (stars A-I) in entrambe le reti
 - H3: l'esistenza di un partner comune aumenta la probabilità di osservare la relazione tra due attori, connessi da una o entrambe le relazioni

- *ipotesi relative a fattori esogeni collegati a caratteristiche degli A-I*
 - H4: maggiore attivazione di relazioni multiple tra gli A-I universitari
 - H5: la condivisione di risorse favorisce i legami multipli
 - H5a: prossimità geografica
 - H5b: appartenenza a settori disciplinari/istituzioni diverse (competenze complementari)
 - H6: la maggiore produttività scientifica e tecnologica favorisce i legami multipli

La corrispondenza tra ipotesi e parametri del modello è rappresentata in Fig. 8 in cui è indicato anche il segno atteso dell'effetto sotteso dal parametro. I risultati delle varie stime effettuate sono riportati in Tab. 3.

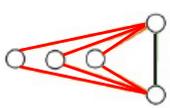
I risultati ottenuti forniscono evidenza di associazione positiva tra attività di brevettazione e pubblicazione congiunta (come indicato nell'ipotesi H1) la quale si realizza prevalentemente attraverso forme complesse di interazione tra tre attori che collaborano per una o l'altra attività (come indicato in H3). Allo stesso tempo non emerge (come ipotizzato in H2) la presenza di scienziati più rilevanti di altri in tutte le reti considerate.

La verifica degli effetti degli ipotizzati fattori endogeni rappresenta dunque un elemento che supporta l'idea di una effettiva diffusione della ricerca di base verso il suo utilizzo industriale e viceversa.

Un ruolo determinante in questo processo di diffusione è giocato dagli A-I universitari i quali si dimostrano essere i più attivi nello svolgere, in collaborazione, entrambe le attività (come formulato nell'ipotesi H4).

Fig. 8.

Ipotesi di formazione dei legami multipli tra gli A-I e parametri del modello M-ERG

co-authorship network (network A) and co-invention network (network B)				
Network A	Network B	Configuration	R.H.	Expected effect (sign)
Parameter				
EdgeAB			H1	+
3-StarAAB (ABB)			H2	-
TriangleAAB (ABB)			H3	+
K-TriangleABA (BAB)			H3	+
Actor Attribute			H4	+
Same Cat.			H5a	+
Diff. Cat.			H5b	+
SumAB			H6	+

Tab. 3.

Stime¹ dei parametri dei modelli M-ERG

(A=co-brevettazione; B=co-pubblicazione; AB=multiplex)

Model	1	2a ^b	2b	3 ^b	4	5a	5b	6
	(H1)	(H2a)	(H2b)	(H3)	(H4)	(H5a)	(H5b)	(H6)
XPNet parameters								
Estimates								
Endogenous factors								
θ_A	-5.43*		-5.45*		-4.24*	-5.18*	-4.11*	-5.67*
θ_B	-4.02*		-7.29*		-4.44*	-4.30*	-3.42*	-4.74*
θ_{AB}	5.48*		5.48*		3.86*	5.40*	4.73*	5.91*
2-star _A		0.12						
3-star _A		-0.01						
2-star _B		0.22*						
3-star _B		-0.01						
2-star _{AB}		0.06						
3-star _{AAB}		-0.000						
3-star _{ABB}		-0.001						
k-star _A			0.009					
k-star _B			0.94*					
Triangle _A				0.24				
k-2-path _A				-0.89*				
k-triangle _A				1.97*				
Triangle _B				-0.02				
k-2-path _B				-0.11*				
k-triangle _B				1.77*				
Triangle _{AAB}				-0.62*				
Triangle _{ABB}				0.04				
K-triangle _{ABA}				1.56*				
K-triangle _{BAB}				0.73*				
Exogenous factors								
<i>Academic activity</i>								
R _A					-1.52*			
R _B					0.34*			
R _{AB}					1.84*			
<i>Spatial proximity</i>								
Rb _A						-0.79		
Rb _B						0.59*		
Rb _{AB}						0.46		
<i>Affiliation</i>								
Diff.Affiliation _A							-2.04*	
Diff.Affiliation _B							-0.78*	
Diff.Affiliation _{AB}							1.10	
<i>Productivity</i>								
Sum _A -Patents								0.13*
Sum _A -Papers								-0.02*
Sum _B -Patents								0.05*
Sum _B -Papers								0.009*
Sum _{AB} -Patents								-0.15*
Sum _{AB} -Papers								0.02*

^a Model estimations converged at convergence t-ratios<0.10.^b To achieve model convergence, edge parameters was fixed.

* Significant parameter at p<.05.

Al contrario, la prossimità geografica degli A-I (ipotesi H5a) non appare essere una condizione importante nel determinare la collaborazione congiunta esercitando un effetto solo per quanto riguarda la collaborazione scientifica. La relazione multipla trae beneficio, invece, maggiormente dalla complementarità e interdisciplinarietà delle competenze degli scienziati coinvolti (ipotesi H5b). Infine, l'ipotesi H6 sull'effetto positivo della produttività sulla formazione del legame congiunto appare parzialmente verificato solo per il numero di pubblicazioni ma non per il numero di brevetti per i quali l'effetto è addirittura negativo.

In generale, il quadro complessivo che emerge evidenzia un sistema di diffusione della conoscenza nell'area di Trieste molto interconnesso che attraverso legami di co-brevettazione e/o co-pubblicazione congiunti consente di mantenere il contatto tra scienziati altrimenti non connessi tra loro.

BRESCHI S., CATALINI C. (2010)

Tracing the links between science and technology: An exploratory analysis of scientists' and inventors' networks, *Research Policy*, 39, pp. 14-26.

BRESCHI S., LISSONI F., MONTOBBIO

F. (2007) The Scientific Productivity Of Academic Inventors: New Evidence From Italian Data, *Economics of Innovation and New Technology*, 16, pp. 101-118.

BONACCORSI A., THOMA G. (2007)

Institutional complementarity and inventive performance in nano science and technology, *Research Policy*, 36, pp. 813-831.

LAZEGA E., PATTISON P. (1999)

Multiplexity, Generalized Exchange and Cooperation in Organizations, *Social Networks*, 21, pp. 67-90.

LEE S., MONGE P. (2011)

The Coevolution of Multiplex Communication Networks in Organizational Communities, *Journal of Communication*, 61, pp. 758-779.

LESTER R. (2005) *Universities,*

Innovation and the Competitiveness of Local Economies, Industrial Performance Center, MIT, IPC Working Paper Series 05-010.

LOMI A., PATTISON P. (2006)

Manufacturing relations: An empirical study of the organization of production across multiple networks, *Organization Science*, 17, pp. 313-332.

MONGE P., CONTRACTOR N. (2003)

Theories of communication networks, Oxford, UK: Oxford University Press.

PATTISON P., WASSERMAN S. (1999)

Logit Model and logistic regression for social networks. II. Multivariate

relationships,*British J. Math. Statist. Psych.*, 52, pp. 169-193.

PENIN J. (2010) On the Consequences of Patenting University Research: Lessons from a Survey of French Academic Inventors, *Industry and Innovation*, 17, pp. 445-468.

POWELL W.W., WHITE D.R., KOPUT, K.W., OWEN-SMITH, J. (2005) Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in Life Sciences, *American Journal of Sociology*, 110, pp. 1132-1205.

RAMOS-VIELBA I., FERNANDEZ-ESQUINAS M., ESPINOSA-DE-LOS-MONTEROS E. (2010) Measuring university-industry collaboration in a regional innovation system, *Scientometrics*, 84, pp. 649-667.

ROBINS, G., and PATTISON, P. (2006) *Multiple networks in organisations*. Retrieved from <http://www.sna.unimelb.edu.au/publications/publications.html>.

ROBINS G., SNIJDERS T., WANG P., HANDCOCK M., PATTISON P. (2007). Recent developments in exponential random graph (p^*) models for social networks,*Social Networks*, 29, pp. 192-215.

TER WAL A.L.J., BOSCHMA R.A. (2009) Applying social network analysis in economic geography: framing some key analytic issues, *Ann Reg Sci*, 43, pp. 739-756.