IRIS AperTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Diffusione dell'innovazione ed evoluzione dei sistemi locali complessi: un'analisi attraverso la simulazione ad agenti

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available http://hdl.handle.net/2318/120252 since

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

12 October 2024

Diffusione dell'innovazione ed evoluzione dei sistemi locali complessi: un'analisi attraverso la simulazione ad agenti

MARCO PIRONTI* MARCO REMONDINO** PAOLA PISANO***

Abstract

Il presente contributo si propone di studiare la diffusione dell'innovazione all'interno di sistemi locali complessi sulla base delle seguenti ipotesi di ricerca:

a) gli effetti del network con una propria topologia incidono sulla diffusione dell'innovazione velocizzandone il processo stesso grazie ad un numero di legami superiori alla massa critica e a determinate tipologie di legami

b) la diffusione dell'innovazione modifica durante il suo processo i legami e gli attori del network stesso.

Le ipotesi di ricerca sono state analizzate utilizzando un modello di simulazione ad agenti sviluppato dagli autori nell'ambito dell'E-Business L@b. L'evoluzione dei soggetti che compongono il network (agenti-imprese) e le loro dinamiche sono state valutate attraverso strumenti statistici e di data mining[1].

Il modello così creato, opportunamente parametrizzato, è stato applicato a sistemi locali complessi reali quali Silicon Valley e Route 128 per analizzare[2] le dinamiche prevalenti che hanno consentito al primo di adattarsi ai continui cambiamenti concorrenziali ed al secondo di perdere progressivamente il proprio slancio competitivo. Numerosi studi mettono in luce l'inadeguatezza della tradizionale visione competitiva delle relazioni fra imprese a favore di una struttura di mercato che, invece, vede le imprese pronte a cooperare. La cooperazione descrive quindi un nuovo profilo concorrenziale: dalla competizione firm-to-firm ad una competizione network-to-network (Vicari, 1989).

Parole chiave: sistemi locali complessi, network, innovazione, simulazione

---

* Associato di Economia e Gestione delle Imprese - Università degli Studi di Torino
e-mail: pironti@di.unito.it

** PhD, Assegnista di ricerca e docente di Finanza Aziendale - Università degli Studi di Torino
e-mail: remond@di.unito.it

*** PhD, Ricercatore di Economia e gestione delle imprese - Università degli Studi di Torino
e-mail: pisano@di.unito.it

1 L'utilizzo di questi strumenti ha consentito di confrontare i risultati del modello con quelli empiricamente osservati.

2 L'analisi è stata svolta in collaborazione con l'Instituite of Management, Innovation and Organization dell'Haas School of Business di Berkeley.

This work aims to study the spreading of an innovation within complex social systems, following these research hypotheses:

a) the effects of the network with its specific topology affect the innovation diffusion, by making the process faster due to a number of links which is higher than the critical mass and specific kinds of links

b) innovation diffusion, during its process, affects the links and the actors in the network itself.

These research hypotheses have been analyzed by means of a simulation model, based on computational agents, developed by the authors within the E-Business L@B. The evolution of the subjects composing the network (agents/enterprises) and their dynamics have been evaluated by means of statistical tools and data mining analysis.

The model, once parameterized, has been applied to local complex systems, like Silicon Valley and Route 128, in order to analyze the prevailing dynamics that allowed the former to adapt to the ever going changes in the competitive scenario and the latter to progressively lose its edge. Many researches stress the inadequacy of the traditional competitive vision of relations among enterprises, favoring a market structure which, on the contrary, sees the enterprises as ready to cooperate among them. The cooperation this describes a new competitive profile: from a firm-to-firm competition, to a network-to-network one (Vicari, 1989).

Key words: complex local systems, network, innovation, simulation

1. Il processo di diffusione dell'innovazione

Nelle scienze socio-economiche gli studi sul processo di sviluppo e diffusione di un'innovazione all'interno di un sistema economico possono essere ricondotti, in termini generali, a due macro-filoni interpretativi.

Il primo dei due filoni (approccio *technology-push*) vede il processo essenzialmente dipendente dalle dinamiche relative all'offerta di innovazione. Schumpeter (1934) fu tra i primi ad analizzare come le imprese contribuiscano in modo determinante a far sì che un'invenzione diventi innovazione (tramite un processo di "distruzione creatrice") e si diffonda successivamente in un sistema economico attraverso una dinamica evolutiva di tipo sociale.

Il secondo filone di studi (approccio *demand-pull*), interpreta lo sviluppo di un'innovazione e la sua successiva diffusione come risultato del cambiamento dei bisogni della domanda a cui le imprese sono chiamate a rispondere con soluzioni nuove (Schmookler, 1966; Mansfield, 1968).

I due approcci, apparentemente antitetici, hanno trovato un punto di sintesi nell'e*volutionary economics theory* (Dosi, 1982; Nelson e Winter, 1982) secondo la quale lo sviluppo e la diffusione di un'innovazione sono caratterizzate da un processo *path-dependent* in cui la dinamica co-evolutiva di domanda ed offerta dà luogo a specifiche traiettorie tecnologiche. All'interno di ogni traiettoria, da un lato, la ricerca e l'offerta di innovazione tendono a consolidarsi attorno a specifiche *routines*, dall'altro, l'adozione e la diffusione dell'innovazione tendono a prediligere alcuni design rendendoli nel tempo dominanti.

Tali contributi sono stati recepiti dagli studi relativi alla diffusione dell'innovazione, tra cui quelli di Rogers (1995, p. 23), che ha definito il processo di diffusione come "il processo mediante il quale un'innovazione viene trasmessa nel tempo tra i membri di un sistema sociale attraverso canali definiti".

Gli elementi caratterizzanti la definizione di Rogers sono quattro:

- l'innovazione;
- i canali di comunicazione utilizzati per acquisire informazioni sull'innovazione;
- il tempo;
- i sistemi locali nella loro natura, norme e grado di interconnessione tra i soggetti (Rogers, 1995).

Elemento di maggior interesse all'interno del contributo è l'analisi del sistema sociale.

2. Il sistema sociale e la diffusione dell'innovazione

Le origini del dibattito sull'agglomerazione sono legate al concetto di distretto industriale presentato da Marshall (1919), che identifica la presenza di economie esterne come elemento per comprendere lo sviluppo di agglomerazioni di piccole e medie imprese. Le economie esterne marshalliane possono riassumersi nei seguenti tre aspetti:

1) la concentrazione di una miriade di piccole imprese specializzate in differenti fasi dello stesso processo produttivo;
2) la graduale formazione di un mercato del lavoro altamente qualificato e specializzato;
3) la nascita di industrie sussidiarie e di fornitori specializzati.

Marshall afferma che, almeno per certi tipi di produzione, si possono contemplare due sistemi di produzione egualmente efficienti. Il primo è rappresentato dalla grande impresa verticalmente integrata, mentre il secondo è rappresentato dal distretto industriale.

Dall'esame delle riflessioni presenti nel lavoro di Marshall è possibile derivare le seguenti osservazioni:

- il distretto industriale marshalliano si riferisce ad un peculiare sistema locale di imprese con comune specializzazione produttiva che permette la creazione di economie esterne positive. In altre parole, il distretto è un sistema in cui avviene contemporaneamente la specializzazione di imprese e lavoratori (*inter-firm division of labour*) e la complementarietà a livello di fornitori e clienti;
- il distretto si caratterizza per un'elevata densità di imprese a livello territoriale e per la presenza di numerose piccole e medie imprese (prevalenza, non assoluta dominanza);
- le imprese cooperano all'interno della catena produttiva locale (*local supply chain*) dove avviene un'estesa divisione del lavoro, tuttavia allo stesso tempo competono tra loro, poiché operano all'interno degli stessi mercati; in

numerosi casi di distretti italiani e stranieri, nell'ultimo decennio si è assistito alla trasformazione di alcune catene locali in catene internazionali (*global supply chain*);

- il distretto deve la sua posizione di leadership all'interno di un particolare settore o industria (Marshall, 1919) alla cosiddetta "atmosfera industriale". Questo concetto si riferisce al particolare contesto sociale ed economico, osservabile in alcuni distretti industriali, che permette alle imprese del distretto di assorbire rapidamente le competenze e la conoscenza esistente nelle imprese locali e di beneficiare quindi della prossimità geografica (attraverso l'imitazione, l'apprendimento indiretto, la veloce adozione di nuove tecnologie e l'introduzione di innovazioni derivanti dalla produzione, collettiva e/o individuale, di nuova conoscenza) (Becattini e Rullani 1996);
- è possibile parlare di distretto industriale solo se nella stessa area si trova un'elevata varietà di imprese operanti nello stesso settore. Questi elementi sono fondamentali per la creazione di un sistema fortemente creativo che stimola lo scambio di idee tra produttori e utilizzatori di macchinari e prodotti (Marshall, 1919).

A quanto finora osservato è opportuno aggiungere, in linea con quanto affermato da Beccatini (2003), che nell'analisi di un distretto industriale è di fondamentale importanza distinguere lo studio descrittivo e statico (della localizzazione di industrie specifiche in un dato contesto territoriale), da quello dinamico della "distrettualizzazione", vista come processo storico di evoluzione (*path-dependent*), che attiva processi di divisione del lavoro tra imprese, nascita di imprenditorialità dal basso, capacità creativa diffusa (Feldman, 2002), e sviluppo di meccanismi di autogoverno sociali ed istituzionali (Baccarani e Golinelli, 1993; Cafferata 1995). Questa visione dell'agglomerazione risulta certo in netto contrasto con i lavori di stampo neoclassico della *location theory* e, quindi, con l'idea che l'agglomerazione implichi solo un'efficienza statica, legata alla diminuzione dei costi dei trasporti tra le imprese in relazione al coordinamento locale dei cicli produttivi e all'accesso ai mercati di sbocco (Pilotti, 2005; Lazerson e Lorenzoni 1999).

L'interesse scientifico per il modello del distretto industriale come rete localizzata di imprese che cooperano si è evoluto verso tre filoni di ricerca.

Il primo identifica il distretto industriale come un sistema "auto-organizzato" ovvero come un sistema sociale ed economico complesso risultante da una serie di interazioni ricorsive tra i suoi componenti e allo stesso tempo autonomo rispetto all'ambiente esterno (Biggiero, 1999). Il secondo filone suggerisce l'applicazione degli strumenti analitici derivanti dalla *competence based theory* dell'impresa al modello del distretto industriale, concepito come un *learning system* e come un "giacimento" di competenze (latenti) e conoscenze tacite (Belussi e Pilotti , 2002). La prospettiva cognitiva (Nonaka e Takeuchi, 1995) assunta da questo filone di studi enfatizza sia l'apprendimento sia lo sviluppo della conoscenza. Infine, un terzo e più recente approccio applica la teoria ecologica (Hannah e Freeman, 1989) all'analisi del distretto industriale (Lazzaretti e Storai, 1999).

Strettamente collegato all'analisi delle dinamiche distrettuali è il concetto di *cluster*. Porter (1998, 2000) introduce il concetto di *cluster* all'interno delle sue ricerche volte a sviluppare una teoria della competitività. L'idea di *cluster*, in particolare, rappresenta il punto di collegamento tra la sua concettualizzazione del "diamante competitivo" e l'osservazione empirica della dinamicità di alcuni sistemi produttivi spazialmente concentrati. Nel suo lavoro, Porter specifica che tracciare i confini di un *cluster* risulta un compito arduo poiché essi, per loro natura, sfuggono alla convenzionale classificazione delle attività economiche e, quindi, ciò richiede la comprensione dei collegamenti e delle complementarietà esistenti tra settori ed istituzioni. La soluzione suggerita appare, pertanto, semplice: per individuare un *cluster* bisogna partire da una grande impresa o da una concentrazione di imprese simili e successivamente cercare i legami orizzontali e verticali - a monte e a valle - con imprese ed istituzioni. Quest'analisi è condotta con l'obiettivo di trovare le complementarietà tra le imprese, e tra esse e le istituzioni, e dunque i fattori chiave di sviluppo del *cluster* incorporati nelle infrastrutture, nelle norme e nei beni pubblici che sono stati creati. L'analisi di un *cluster*, basata sulle interrelazioni economiche, permette di sostituire facilmente le interconnessioni spaziali, definite dalla prossimità geografica, con quelle virtuali (Rallet e Torre, 2004), definite dall'insieme di collegamenti che ogni impresa attiva con il mondo esterno.

Un *cluster* di imprese può diventare un distretto industriale quando (e se) cresce, si consolida e diventa radicato nel territorio. Allo stato embrionale i distretti si presentano come una co-localizzazione di imprese simili, ovvero sono "pure" agglomerazioni di imprese. In seguito possono verificarsi forme di interazione tra le imprese, nascere delle sinergie tra le imprese e le reti sociali locali, od anche formarsi istituzioni capaci di relazionarsi con il sistema locale. Questo processo cambia la definizione dello stato iniziale del sistema locale, ponendo le basi analitiche per evidenziare la possibile formazione di un nuovo distretto. Il distretto industriale marshalliano è il risultato di un processo storico evolutivo che porta alla creazione di un sistema locale specifico, dotato di un'identità oggettiva, di una forte densità di imprese, di un'elevata competitività e di una serie di istituzioni create *ad hoc* che forniscono sevizi collettivi e che sostengono lo sviluppo delle imprese locali.

Un *cluster* porteriano non ha un'identità autonoma (la sua identificazione dipende fortemente dalle ipotesi che il ricercatore fa), non ha una stretta relazione con la comunità locale né tantomeno una dimensione minima di agglomerazione. Tre imprese non rappresentano un distretto in senso marshalliano, ma possono essere analizzate come *cluster* porteriano; all'interno di un distretto industriale, quindi, potremmo trovare diversi *cluster* di imprese, che potrebbero essere analizzati come sub-sistemi di un sistema territoriale più complesso. In sostanza, per poter utilizzare il termine di distretto industriale in riferimento ad un'agglomerazione di imprese sono necessarie le seguenti condizioni:

- presenza di una specializzazione produttiva dell'area, ovvero agglomerazione di un elevato numero di imprese in settori simili e/o appartenenti ad una comune filiera produttiva (agglomerazione);

- esistenza di relazioni produttive tra le imprese (reti d'impresa locali);
- interazione sinergica tra le istituzioni locali e le imprese locali (reti imprese-istituzioni);
- presenza di reti sociali e di comunità di pratica (Wenger, 1998). Quest'ultima condizione appare strettamente relazionata con l'approccio marshalliano (e con la tradizione sociologica americana del *social capital* e della *social embeddedness*) e richiede una visione comunitaria dell'economia e del sistema sociale (Sforzi e Lorenzoni, 2002; Paniccia, 2002) che deriva da un processo unico e storico di evoluzione di un dato sistema territoriale (forte identità, elevati livelli di fiducia e cooperazione). Le analisi empiriche, inoltre, hanno evidenziato una pluralità di livelli e modalità di collaborazioni tra le imprese (orizzontale e verticale), capacità innovative, esistenza di apprendimento, cooperazione e fiducia (Lipparini e Lorenzoni 1996). La presenza di questa molteplicità di caratteristiche porta ad escludere l'esistenza di un "modello puro", universalmente valido, e capace di aderire alle differenti realtà.

Pertanto, quando si parla di diffusione dell'innovazione non si può evitare di considera il sistema sociale all'interno del quale la diffusione avviene ossia il *social network*. Il sistema sociale (E), definito come una matrice con m,n componenti è caratterizzato da un insieme di attori (e) in cui le relazioni (*link*) tra l'attore e_{ij} e l'attore $e_{i'j'}$ sono identificate dal link(e_{ij}, $e_{i'j'}$). Il *social network* è una struttura sociale formata da nodi (definiti normalmente come individui o imprese) collegati tra loro attraverso uno o più legami e così definita:

1) gli attori e le loro azioni sono tra loro interdipendenti invece di essere autonome o indipendenti;
2) le relazioni tra gli attori sono viste come canali per il trasferimento di competenze o come flussi di risorse sia materiali sia immateriali;
3) i modelli di *network* si focalizzano sulla visione del contesto che provvede a elargire opportunità o vincoli alle azioni individuali;
4) i modelli di *network* concettualizzano la struttura (sociale, economica, politica) come un modello duraturo, ma limitato nel tempo, di relazioni tra gli attori (Wasserman e Faust, 1996).

In generale si può affermare che le imprese si strutturano in un *network* quando hanno bisogno di accedere a nuove competenze o a competenze complementari.

Le competenze possono essere create dalle imprese internamente (*internal exploration*) o esternamente (*external exploration*). Nel primo caso, l'impresa crea competenze sfruttando le proprie risorse interne e producendo un driver che potrebbe essere funzionale alle creazione dei un *network*. Nel secondo caso la creazione della competenza si basa sulla capacità e sulle risorse che l'impresa dedica all'attività di *scouting* (ε) creando di fatto un *network*.

La diffusione dell'innovazione all'interno di un *network* è strettamente correlata alla struttura di quest'ultimo, nonché all'effetto del *network* stesso sul processo di diffusione. La struttura del *network* dipende dal numero e dalla posizione degli attori all'interno dello stesso e dal numero e tipologia dei legami. L'effetto del *network* impatta, invece, sulla modalità di diffusione dell'innovazione che avverrà in modo

gerarchico (*hierarchy effect*) o attraverso contagio (*neighborhood or contagion effect*).

Alcuni studiosi (Burt, 1987, Granovetter, 1973) analizzano come la posizione all'interno del *network* possa influenzare l'adozione o meno di un'innovazione.

Burt (1987) dimostra come la diffusione dell'innovazione sia influenzata dalla struttura equivalente degli agenti, ossia il grado di uguaglianza all'interno della posizione del *network*. Altre caratteristiche del *network* influenzano positivamente la diffusione come la centralità (ossia la posizione ricoperta all'interno del *network* in base alle altre posizioni e legami), la densità (ossia il numero di legami effettivi sui legami possibili) e la reciprocità (ossia un legame in cui due nodi hanno una relazione reciproca prendendo e scambiando determinate risorse in modo più o meno simmetrico) (Valente, 1995).

Per ciò che concerne la tipologia dei legami alcuni autori analizzano come ad influenzare l'adozione di un'innovazione siano i legami diretti (Valente Granovetter 1995) o ancora i legami forti (Granovetter, 1973). Granovetter (1973) evidenzia che l'esistenza di legami forti è importante per la diffusione dell'informazione e dell'innovazione sottolineando però, anche, che "la forza dei legami deboli" permette all'innovazione di diffondersi grazie ai ponti creati tra diversi gruppi di attori (*clique*). La diffusione dell'innovazione che, come illustrato dipende della struttura e dall'effetto del *network*, impatta a sua volta sul *network* modificandolo fin dalla sua nascita. L'introduzione di un'innovazione porta infatti ad un incremento in termini di legami e nodi all'interno del *network* esistente in cui l'innovazione nasce (Powell *et al.,* 2005) e ad un aumento generale del valore del sistema sociale.

La circolazione dell'innovazione può modificare numero di attori (in entrata e in uscita) e/o il numero e la tipologia dei legami presenti nel *network* (Koka e Prescott, 2008). Madhavan *et al.* (1998) presentano, ad esempio, quattro tipologie di cambiamenti del *network* (e*xpansion, churning*, *strengthening, shirinking*).

Phlippen e Riccaboni, nel loro lavoro "*Radical innovation and network evolution*" (2007), si focalizzano sulla formazione di legami locali e sul processo di creazione di legami distanti durante la diffusione dell'innovazione.

In relazione alla formazione di nuovi legami Gulati (1995) sostiene che la loro creazione avviene spesso con precedenti partner o con i partner di precedenti partner, indicando che il *network* cresce attraverso un processo locale. In particolare, quando si considerano alleanze tra imprese, la formazione di nuovi legami è considerata rischiosa e gli attori preferiscono alleanze inserite in nuclei in cui le norme sono rispettate e i comportamenti scorretti puniti (Gulati, 1995; Powell *et al*., 1996; Granovetter, 1982). Legami distanti implicano la formazione di nuovi contatti con partner non conosciuti. È, però, dimostrato (Burt, 2007) che legami distanti apportano non solo rischi, ma anche accessi a nuove fonti di informazione e a posizioni strategiche favorevoli che migliorano la posizione dell'impresa nel *network*.

3. Dall'Economia Sperimentale ai modelli basati su agenti (MAS) per i Sistemi Sociali

Nell'ambito delle Scienze Sociali è possibile studiare il comportamento di un sistema attraverso l'osservazione dello stesso e delle ricorrenze che si verificano al suo interno. A differenza di altre discipline (es. Fisica e Chimica) un sistema sociale non può essere studiato in laboratorio e gli esperimenti non possono essere riprodotti in maniera totalmente avulsa da un comportamento non necessariamente deterministico delle parti coinvolte. Si pensi, ad esempio, all'Economia Sperimentale, in cui si tenta di ottenere una riduzione di un qualche fenomeno reale, attraverso la riproduzione dello stesso su scala ridotta (es. un campione di persone), rinunciando a determinati fattori (es. regole semplici e dirette). In questo modo è possibile sicuramente far emergere dei comportamenti interessanti, per esempio nell'ambito della Teoria dei Giochi ed è altresì possibile ripetere gli esperimenti modificando alcune variabili, per capire come si modifica il risultato aggregato. Tuttavia, anche in questo modo, il risultato può essere influenzato da diversi fattori, primo tra tutti la consapevolezza dei partecipanti di non trovarsi davanti alla situazione reale, ma soltanto ad una riduzione in scala della stessa.

Questo porta ad una diversa motivazione, che può essere più forte del normale (il desiderio di vincere o prevalere nel gioco in laboratorio) o meno forte del normale (la mancanza di reali driver, quale per esempio la possibilità di perdere denaro in un mercato reale o di far fallire un'impresa prendendo decisioni errate). Si può in parte ovviare a questo ampliando il campione (più persone coinvolte nello stesso esperimento) o conducendo una moltitudine di esperimenti diversi.

Tuttavia, anche queste soluzioni sono parziali e presentano lati negativi, primo tra tutti quello di amplificare la complessità dell'esperimento e rendere i risultati potenzialmente illeggibili o comunque difficili da collezionare.

Da queste considerazioni, ha avuto origine il filone di studio relativo ai modelli basati su agenti per i sistemi sociali (Epstein e Axtell, 1996).

Dal punto di vista empirico, un sistema ad agenti può dare vita a delle vere e proprie simulazioni al calcolatore, che permettono di superare i limiti principali evidenziati nel caso dell'Economia Sperimentale ed effettuare esperimenti sul modello, riconducendone i risultati al sistema reale.

Dal punto di vista teorico questo tipo di approccio richiede uno studio a più livelli (ossia dal livello macro a quello micro, passando per quello meso) del sistema che si intende analizzare, al fine di osservare ed estrapolare le regole e le caratteristiche principali attraverso metafore di transizione[3] (Remondino, 2003). Tali livelli sono intesi (Golinelli, 2000) nel seguente modo: qualsiasi analisi economica si focalizzi su un sistema nella sua interezza, o comunque ad un livello aggregato

[3] Le metafore di transizione sono utili per rappresentare la realtà in modo quantitativo e computazionale ossia in modo comprensibile al calcolatore. Nel modello proposto dagli autori si ricorre all'utilizzo di svariate metafore: la lunghezza del vettore è metafora della complessità del settore, la valorizzazione del vettore con valori quali 1 e 0 è metafora delle competenze acquisite o meno dall'imprese, ecc.

molto alto, è di tipo "macro". Esempi possono essere l'analisi di un sistema economico nazionale, europeo o comunque l'analisi settoriale tipicamente realizzata dalle discipline dell'economia industriale. Lo studio a livello "meso" effettua delle analisi focalizzate sull'impresa complessivamente considerata ed inoltre si preoccupa di analizzare le relazioni tra più organizzazioni, sia da un punto di vista competitivo che da un punto di vista collaborativo. Dunque analizza il livello organizzativo, più l'eventuale livello inter-organizzativo corrispondente. L'analisi di tipo "micro" studia infine il livello corrispondente al sub-sistema. L'attenzione si incentra pertanto nelle relazioni intra-organizzative e quindi si ha l'analisi interna delle parti dell'organizzazione, delle funzioni, delle divisioni e del comportamento.

Il modello ad agenti ricostruisce pertanto il sistema da analizzare (ad esempio un *network*), modellizzando gli elementi e le relazioni del livello micro (ad esempio la singola impresa) e creando gli *steps* successivi in funzione di tale livello (analisi *bottom up*).

L'agente è in effetti considerato come un'entità a livello micro atomica, autonoma, con potenziali obiettivi e conoscenze, con capacità di interazione sociale con altri agenti e con l'ambiente. Gli agenti agiranno sulla base di regole dal diverso grado di complessità che definiscono il loro comportamento, senza essere influenzati dal contesto.

Definiti correttamente gli agenti, o meglio le categorie di agenti che devono essere impiegati in un dato sistema, nonché le regole per l'interazione, il comportamento dell'aggregato sarà un risultato "emergente", cioè si auto-determinerà nel tempo, ricreando di fatto il sistema sociale oggetto dello studio.

È così possibile effettuare un numero di esperimenti arbitrariamente elevato, al fine di modificare una variabile alla volta (analisi mono-variata), ferme restando le altre (*coeteris paribus*) per poter trarre delle conclusioni formali sui vincoli di causa/effetto esistenti nel sistema stesso e condurre analisi di scenario.

Dal punto di vista qualitativo, il modello permette di comprendere le dinamiche che portano alla formazione del sistema stesso o sottostanti un risultato specifico.

Dal punto di vista quantitativo, un modello ad agenti può invece fornire risultati analitici sui fenomeni rappresentati, dopo un processo di validazione empirica su dati storici e casi reali.

4. Descrizione del modello e principali iterazioni

Il modello[4] E^3 è creato per studiare ed analizzare le dinamiche della formazione e successiva modificazione dei *network* e *cluster* di imprese (Pironti, Remondino, Pisano 2010). In esso interagiscono tre soggetti principali:

- l'ambiente;

[4] E^3 è un acronimo identificato dagli autori per definire il sistema di simulazione ad agenti sviluppato, i cui elementi caratterizzanti sono l'enviroment (E), l'enterprise (e) e l'emissary (ε).

- le imprese;
- gli emissari.

Le caratteristiche dei tre soggetti sono identificate secondo il modello sopra descritto (ossia da un insieme di proprietà e regole a livello di singolo agente) e il loro comportamento aggregato ne è il risultato emergente.

Le imprese costituiscono gli agenti principali nel modello ed hanno due obiettivi: acquisire nuove competenze (internamente o esternamente) ed evitare di scendere sotto un determinato livello di energia, che le porterebbe a cessare la propria attività. Mentre il comportamento finalizzato alla ricerca di nuove competenze sarà descritto approfonditamente successivamente, si desidera qui esplicare il concetto di energia menzionato. Nel modello si utilizza una metafora che lega le tre tipologie di agenti, sotto forma di una grandezza mutuata dal mondo della fisica: il calore. Le imprese hanno infatti una dotazione iniziale di calore, che possono spendere nelle svariate attività. L'ambiente ne gestisce la dissipazione (che metaforicamente può esser vista come il costo di "sopravvivenza" delle imprese nel mercato) e gli emissari ne dispongono di una quota per il loro percorso di esplorazione. Quindi il calore può essere visto come un complesso di variabili fondamentali per le imprese, tra cui capitale sociale, capitale umano, reddito ed in generale legate alla capacità di creazione di valore. Il sistema ad agenti sottostante il modello è definito da:

$$\mathrm{MAS_T} = < \bar{\mathrm{E}}, \bar{\mathrm{e}}, \bar{\varepsilon}, \overline{\mathrm{link}} > \qquad (1)$$

dove *E* rappresenta l'agente ambiente (a sua volta insieme delle celle di una griglia di dimensioni *n* * *m* e del vettore *k* che definisce il calore della cella in posizione *i,j*), *e* è l'insieme delle imprese (dislocate anch'esse sulla griglia, con coordinate *i',j'*), epsilon è l'insieme degli agenti emissari (di pertinenza delle singole imprese, ma con dislocazione sulla griglia) e *link* è l'insieme dei collegamenti tra gli agenti impresa.

$$\begin{cases} \bar{\mathrm{E}} = < n * m, \bar{\mathrm{k}} > \\ \mathrm{n, m} > 0 \end{cases} \qquad (2)$$

$$\begin{cases} \bar{\mathrm{k}} = < \mathrm{k_{i,j}} > \\ \bar{\mathrm{e}} = < \mathrm{e_{i',j'}} > \\ \bar{\varepsilon} = < \varepsilon_{\mathrm{i'',j''}} > \\ 0 < i, \mathrm{i'}, \mathrm{i''} \leq \mathrm{n} \\ 0 < j, \mathrm{j'}, \mathrm{j''} \leq \mathrm{m} \end{cases} \qquad (3)$$

All'istante T = 0, si ha una distribuzione stocastica (uniforme) delle imprese esistenti, la cui quantità è definita dal parametro dato ad inizio simulazione. Inoltre, si ha che link è un insieme vuoto, in quanto non esistono collegamenti tra le imprese, che verranno creati sulla base della dinamica della simulazione. Ogni impresa contiene al suo interno un vettore c (4), di lunghezza L, che identifica le

competenze possedute da essa. In ogni posizione l del vettore, infatti, la componente C_l è una variabile di tipo booleano (cioè con due soli valori possibili, tipicamente "vero" o "falso") che identifica la presenza o meno della *ellesima* competenza.

$$\begin{cases} e_{i,j} \ni \vec{c}, \varepsilon_e \\ \vec{c} = (L, C_l) \\ 0 \leq l \leq L \\ C_l = Boolean \end{cases} \qquad (4)$$

Il numero di competenze iniziali possedute da ciascuna impresa è definito utilizzando una distribuzione di probabilità di tipo normale, dati come parametri un valore medio ed una varianza; le singole competenze sono invece assegnate sulla base di una distribuzione uniforme sulle possibili componenti del vettore, definito il numero delle competenze possedute da una data impresa.

Al tempo T = t > 0 si verifica la dinamica dell'aggiornamento del calore di ogni cella della griglia, che è funzione del calore posseduto da ogni impresa, nonché dell'effetto di dispersione di calore (indicato con d) gestito dall'agente ambiente.

A sua volta, il calore di ogni impresa è funzione delle competenze possedute da essa e dal comportamento b dell'impresa, componente dell'insieme che comprende tutti i possibili comportamenti.

$$\begin{cases} K_{i,j} = f(K_e, d) \\ K_e = f(\vec{c}_e, b_e) \\ b \in \bar{b} \\ \bar{b} = \langle set\ of\ behaviors \rangle \end{cases} \qquad (5)$$

In particolare, se il comportamento adottato in un determinato momento ha avuto successo (cioè ha portato all'acquisizione di una nuova competenza interna o esterna), una componente del vettore che precedentemente era posta a 0 viene impostata ad 1.

Dal punto di vista dell'*internal exploration*, una competenza viene creata sulla base di una distribuzione uniforme di probabilità, cioè alla fine della fase di ricerca e sviluppo viene sviluppata una nuova competenza che può essere già posseduta o meno. Solamente in quest'ultimo caso la fase di *internal exploration* avrà successo, altrimenti l'attività di ricerca dell'emissario avrà determinato soltanto una perdita di calore (Δ calore).

$$\begin{cases} \begin{cases} \text{if } (b = \text{success}) \text{then } C_l = 1 \\ \text{else } C_l = 0 \end{cases} \\ b \in \bar{b} \end{cases} \qquad (6)$$

Dal punto di vista dell'*external exploration* si crea un legame al fine di acquisire una o più competenze esterne in funzione dei vettori delle competenze dell'impresa che sta conducendo l'esplorazione e di quella cui viene proposto un legame (link).

Verrà creato un legame se e solo se ci sarà un mutuo scambio di almeno una competenza, e verranno scambiate competenze pari al minor numero di competenze mancanti ad un'impresa e possedute dall'altra.

$$\begin{cases} \overline{\mathrm{link}} = < link(\mathrm{e}_{i,j}, \mathrm{e}_{i',j'}) > \\ \mathrm{link}(\mathrm{e}_{i,j}, \mathrm{e}_{i',j'}) = \mathrm{f}(\overrightarrow{\mathrm{c}_{\mathrm{e}_{i,j}}}, \overrightarrow{\mathrm{c}_{\mathrm{e}_{i',j'}}}) \end{cases} \tag{7}$$

Gli emissari, "inviati" dall'impresa in fase di *external exploration*, si muovono sulla griglia sulla base di una semplice regola deterministica, descritta come segue.

Nella fase di *external exploration*, l'emissario è considerabile come una sonda dell'impresa, che si occupa di cercare sul territorio altre imprese con cui instaurare legami per lo scambio di competenze. Esso ha un funzionamento di tipo deterministico, basato su alcune regole reattive. All'inizio della fase di *external exploration*, esso viene posto sul territorio e dotato di una quantità di energia (calore), funzione del calore totale dell'impresa di pertinenza.

Esso consumerà una parte di calore ad ogni passo e terminerà la propria funzione quando tale calore sarà completamente esaurito, inviando all'impresa di pertinenza un resoconto dell'esplorazione effettuata.

Seguendo la logica derivante dalla metafora del calore, l'emissario si muoverà alla ricerca delle zone più calde della griglia che, plausibilmente, dovrebbero essere circostanti alle imprese più interessanti del mercato o comunque a concentrazioni di imprese. Al termine del suo percorso, l'emissario comunica all'impresa di pertinenza l'identificativo dell'impresa migliore incontrata sul proprio cammino, in modo tale che l'impresa di pertinenza possa proporre ad essa la costituzione di un legame.

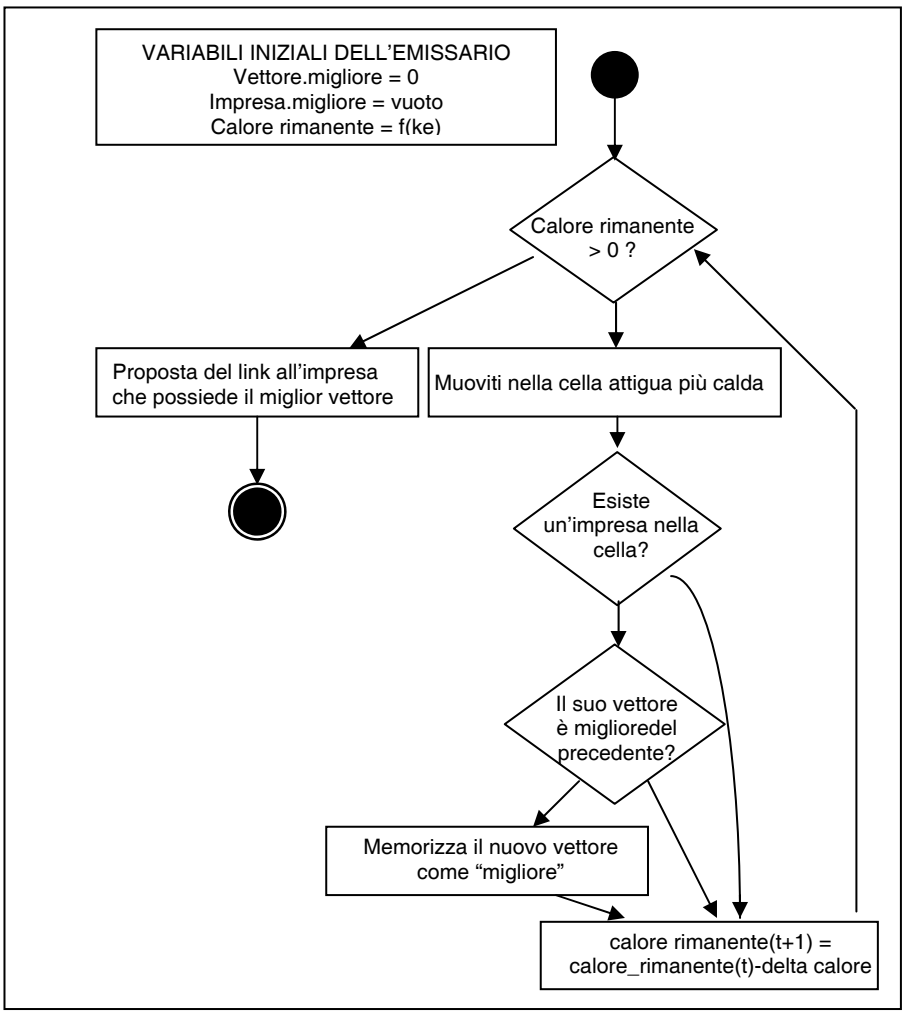
Il legame viene creato attraverso un processo di contrattazione che si svolge tra le due imprese coinvolte; questo processo è deterministico, basato su regole di tipo reattivo.

Il legame così costituito può, nel corso della simulazione, essere modificato nel numero di competenze scambiate oppure può anche decadere, qualora una delle due imprese non abbia più alcuna competenza che manca all'altra (che evidentemente avrà nel frattempo sviluppato internamente tali competenze). Il comportamento dell'emissario è schematizzato nel diagramma di flusso esplicitato nella Figura 1.

Al termine di questa fase, l'impresa che ha avviato la ricerca possiede l'informazione circa l'impresa più promettente per un eventuale link tra quelle incontrate dall'emissario (quella che ha il numero maggiore di competenze che mancano all'impresa d'origine).

A questo punto proporrà il legame a quest'impresa, che risponderà sulla base della possibilità di scambiare delle risorse alla pari. Il legame costituito sarà tanto più forte quanto più alto è il numero delle competenze effettivamente scambiate e potrà essere rinforzato successivamente, nel caso vengano sviluppate nuove competenze interne.

Fig. 1: Diagramma di flusso per il funzionamento dell'emissario (ε)



Fonte: Ns. elaborazioni

L'introduzione dell'innovazione è metaforicamente rappresentata dall'allungamento di una componente del vettore delle competenze al tempo $T = t' > t$. Solamente una specifica impresa $\boxed{e}$ avrà la componente C_{l+1} posta ad 1, mentre tutte le altre imprese l'avranno a 0: ossia solo un'impresa possiederà la nuova competenza mentre tutte le altre potranno potenzialmente acquisirla tramite *internal* (creandola a loro volta) o *external exploration* (unendosi a qualche impresa che già la possiede).

$$\begin{cases} L \leftarrow L + 1 \\ C_{l+1}(\boxed{e}) = 1 \\ C_{l+1}(\bar{e} - \boxed{e}) = 0 \end{cases} \tag{8}$$

La fase di analisi prevede il confronto di tutte le variabili significative del sistema di simulazione al tempo T=t', cioè nell'istante in cui l'innovazione viene introdotta, ed il sistema al tempo T=t''>t' ossia nell'istante successivo.

$$\begin{cases} MAS_{t'} \text{vs } MAS_{t''} \\ I \rightarrow d\theta \text{ link; } d\theta \text{ e; } d\theta \text{ k} \end{cases} \tag{9}$$

In particolare, l'introduzione dell'innovazione ha effetti differenziali sul numero di collegamenti, sul numero delle imprese e sul calore dell'ambiente in cui si svolge la simulazione.

Ai fini dell'analisi delle simulazioni, i risultati sono stati valutati considerando:

1) il *network* creato (analisi topologica, distretti, sinergie di settore),
2) il numero di imprese fallite,
3) il numero di imprese nate,
4) il numero medio di competenze possedute,
5) il numero di innovazioni e la sua diffusione.

5. Una verifica empirica

Perché la Silicon Valley è riuscita ad adattata con successo alla realtà in cambiamento della concorrenza internazionale, mentre la Route 128 sembra perdere il suo slancio competitivo?

Nonostante avessero origini e tecnologie simili, queste due regioni hanno sviluppato due sistemi industriali distinti: la loro diversa risposta alle crisi degli anni '80 ha evidenziato le differenze di organizzazione produttiva il cui significato era stato sottovalutato durante la rapida crescita del primo decennio o era stato semplicemente considerato una diversità culturale fra la "disordinata" California e la più "riservata" Costa orientale. Lungi dall'essere superficiali, queste differenze descrivono l'importanza dei fattori locali nell'adattamento industriale (Saxenian, 1994).

Negli anni '70 la Silicon Valley nella California del Nord e la Route 128 nell'area di Boston (si veda Fig. 2) avevano attirato gli elogi internazionali come centri mondiali d'avanguardia nell'innovazione elettronica. Entrambi erano celebrati per la loro vitalità tecnologica, spirito d'impresa e straordinaria crescita economica. Con origini comuni nella ricerca universitaria e nel bilancio militare post-bellico, le due realtà erano spesso confrontate fra loro, ed anche ampiamente imitate.

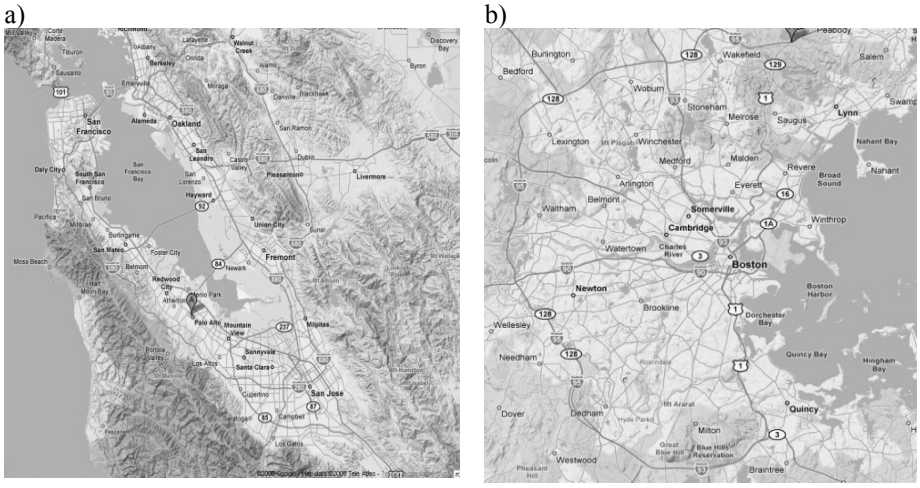
L'incanto svanì ai primi degli anni '80 quando i maggiori produttori in entrambe le regioni provarono crisi del tutto particolari. I produttori di *chip* della Silicon

Valley cedettero il mercato delle memorie su semiconduttori alla concorrenza giapponese, mentre le società di minicomputer della Route 128 assistettero al passaggio dei loro clienti alle *workstation* ed ai personal computer.

Tuttavia, le prestazioni di queste due economie regionali presero direzioni opposte negli anni ’80.

Fig. 2: Le due aree analizzate: “Silicon Valley” (a) e Route 128 (b)

a) b)



Fonte: Ns. elaborazione su mappe Google

Nella Silicon Valley emerse una generazione di nuove imprese di semiconduttori e computer affianco alle società affermate. Il notevole successo delle nuove imprese quali la Sun Microsystems, la Conner Peripherals e la Cypress Semiconductor, nonché il continuo dinamismo delle grandi società quali la Hewlett-Packard e la Intel, erano prova che la Silicon Valley aveva recuperato la sua antica vitalità. La Route 128, al contrario, mostrava pochi segni del recupero dal declino cominciato negli anni ’80. Entro la fine degli anni ’80, i produttori della Route 128 avevano ceduto il loro dominio nella produzione di computer, per tanto tempo mantenuto, alla Silicon Valley.

La Silicon Valley divenne la sede di un terzo delle 100 maggiori imprese di tecnologia create negli Stati Uniti dal 1965. Il valore di mercato di queste aziende aumentò di 25 miliardi di dollari fra il 1986 ed il 1990, rendendo insignificante l’aumento di un miliardo di dollari dei loro competitor sulla Route 128. Sebbene le due regioni impiegassero all’incirca la stessa quantità di manodopera nel 1975, fra il 1975 ed il 1990 le aziende della Silicon Valley creavano circa 150.000 nuovi posti di lavoro netti nel settore della tecnologia, il triplo di quelli creati nella Route 128.

Nel 1990, i produttori della Silicon Valley esportavano prodotti elettronici per un totale di oltre 11 miliardi di dollari, quasi un terzo del totale nazionale, contro i 4,6 miliardi di dollari della Route 128. Infine, la Silicon Valley era la sede di 39 delle

100 multinazionali nel settore dell'elettronica a crescita più veloce della nazione, mentre la Route 128 ne vantava soltanto 4. Entro il 1990 sia la California meridionale che il Texas avevano superato la Route 128 come localizzazione di società elettroniche a crescita veloce.

La Silicon Valley ha un sistema industriale basato su una rete regionale che promuove l'apprendimento collettivo e l'adeguamento flessibile fra produttori specializzati di una serie di tecnologie correlate.

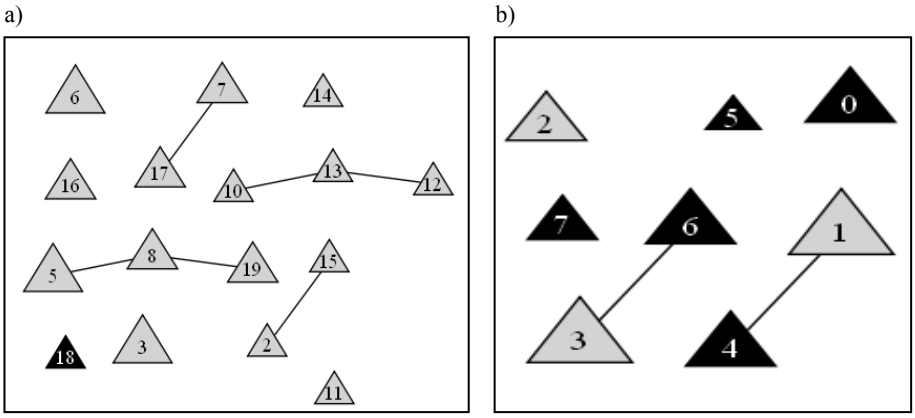
La fitta rete sociale della regione e un mercato del lavoro aperto incoraggiano la sperimentazione e l'imprenditorialità, le società sono in forte competizione mentre allo stesso tempo apprendono l'una dall'altra circa i cambiamenti dei mercati e delle innovazioni tecnologiche attraverso pratiche di comunicazione informale e collaborazione; inoltre una struttura di gruppi di lavoro con legami deboli incoraggia la comunicazione orizzontale tra le divisioni aziendali ed i fornitori e clienti esterni.

I confini funzionali all'interno delle aziende sono permeabili in un sistema a rete, tanto quanto i confini fra le stesse aziende e fra queste e le istituzioni locali, quali le organizzazioni di categoria e le Università.

La regione della Route 128, al contrario, è dominata da un piccolo numero di aziende relativamente integrate; il suo sistema industriale si basa su aziende indipendenti che svolgono al loro interno un'ampia serie di attività produttive. Le gerarchie societarie assicurano che l'autorità rimanga centralizzata e l'informazione tenda a fluire verticalmente.

I confini fra interno dell'azienda, rapporti fra aziende e istituzioni locali restano pertanto molto più distinti in questo sistema basato su aziende indipendenti. L'applicazione del modello di simulazione E^3 al caso esposto mostra le dinamiche evolutive dei due contesti descritti (si veda Fig. 3).

Fig. 3: Output del modello di simulazione E^3 in T= t < t' applicato al sistema "Silicon Valley" (a) e "Route 128" (b)

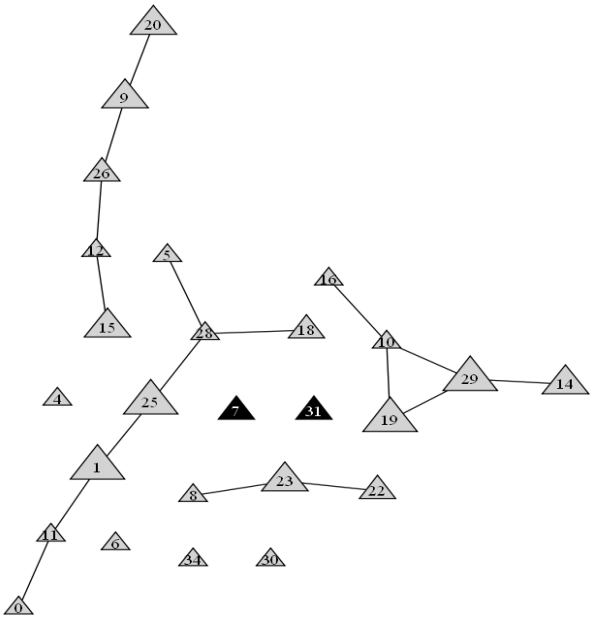


Fonte: ns. elaborazioni del modello ad agenti

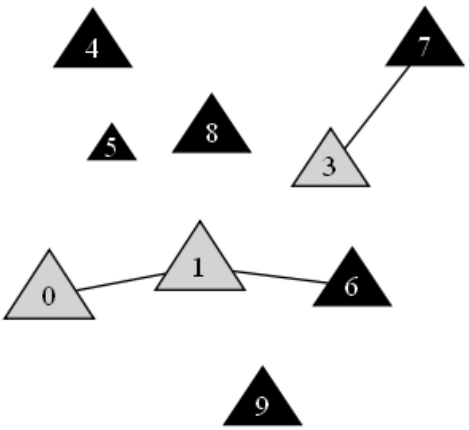
Simulando l'introduzione di un'innovazione (T=t''>t') si osserva (vedi Fig. 4), l'effetto sui due contesti in termini di densità del *network*, di velocità di diffusione dell'innovazione, nonché di numero e dimensione dei nodi (e).

Fig. 4: Output del modello di simulazione E^3 in T = t'' > t' applicato al sistema "Silicon Valley" (a) e "Route 128 (b)

a)



b)



Fonte: ns. elaborazioni del modello ad agenti

6. Considerazioni conclusive e possibili sviluppi di ricerca

Lo scopo del contributo era lo studio della diffusione dell'innovazione all'interno di sistemi locali complessi sulla base degli effetti del *network* sulla diffusione dell'innovazione e degli effetti della diffusione dell'innovazione sul *network* stesso.

L'analisi effettuata tramite il *Multi Agent System* (MAS) dimostra che un sistema sociale complesso basato su un *network* solido consente una migliore diffusione dell'innovazione, aumentando la densità e reciprocità dei legami tra imprese nonché il tasso di sopravvivenza delle stesse (numero e dimensione dei nodi della rete sociale). L'applicazione del MAS consente, inoltre, di studiare le dinamiche evolutive analizzando *in itinere* i cambiamenti strutturali del *network* nei suoi elementi caratterizzanti (ossia nodi e legami).

L'applicazione del modello E^3, creato dagli autori, ai modelli evolutivi seguiti negli ultimi decenni dalle economie della Silicon Valley e della Route 128 mostra, infatti, come la diversa struttura iniziale del *network* regionale e la sua evoluzione possano incidere sullo sviluppo di economie esterne (sviluppate nel modello attraverso strategie di *external esploration*) e di vantaggi competitivi basati, nello specifico, sulla condivisione e diffusione di competenze e conoscenze innovative.

Alla fine degli anni '90, la Silicon Valley era molto di più che un agglomerato di singole imprese, lavoratori esperti, capitali e tecnologia. Una complessa trama di reti interaziendali di produttori si stava organizzando sempre di più per favorire l'innovazione e la crescita collettiva.

I due scenari analizzati mostrano come un sistema a rete solido contribuisce a diffondere l'innovazione in maniera più efficace. Il primo scenario (Silicon Valley) illustra come le imprese ridefiniscano le loro relazioni contrattuali con i fornitori esterni, creando legami forti basati su sofisticate partnership, in un settore ad alta intensità di capitale che assumeva la piena responsabilità per la progettazione del prodotto e l'innovazione di processo.

Il secondo caso (Route 128) vede coinvolte le relazioni tra le grandi imprese di produzione e le piccole imprese di progettazione, ognuna delle quali contribuiva per la sua parte a fornire tecnologia all'avanguardia, utile al processo d'innovazione, non creando legami stabili e strategici.

Questi due casi dimostrano come la collaborazione, nell'ambito di un sistema a rete, incoraggi la soluzione di problemi in comune tra le imprese ed i loro fornitori, e come le imprese della Silicon Valley basino i loro vantaggi competitivi sul rispondere collettivamente ai veloci cambiamenti dei mercati e delle tecnologie.

L'approccio descritto in questo lavoro e utilizzato per analizzare le dinamiche della diffusione dell'innovazione all'interno dei sistemi locali complessi prevede possibili applicazioni in differenti ambiti di studio legati ai mercati finanziari, alle dinamiche distrettuali e alla scelta di comportamenti strategici da parte delle imprese in particolari contesti competitivi.

Bibliografia

BACCARANI C., GOLINELLI G., *Tratti del divenire dei distretti industriali*, Quaderno dell'Istituto Tagliacarne, n. 8, 1993.

BECATTINI G., "From the industrial district to the district distrectualisation of production activity: some considerations", in Belussi F., Gottardi G., Rullani E. (eds.) *The Technological Evolution of Industrial Districts*, Kluwer, Boston, 2003.

BECATTINI G., RULLANI E., "Local systems and global connections: the role of knowledge", in Cossentino F., Pyke F., Sengenberger W. (eds.), *Local and Regional Response to Global Pressure: the Case of Italy and Its Industrial Districts*, Ilo, Ginevra, 1996.

BELUSSI F., PILOTTI L., *The development of an explorative analytical model of knowledge creation, learning and innovation within the Italian industrial districts*, Geografiska Annaler, n. 84, 2002.

BIGGIERO L., "Markets, hierarchies, networks, districts: A cybernetic approach", *Human Systems Management*, n. 18, 1999.

BURT R.S., "Social Contagion and Innovation, cohesion versus structural equivalence", *American Journal of Sociology*, vol. 92, n. 6, 1987.

BURT R.S., "Secondhand brokerage: Evidence on the importance of local structure for managers, bankers, and analysts", *Academy of Management Journal*, n. 50, 2007.

CAFFERATA R., *Sistemi, ambiente e innovazione. Come s'integrano la continuità e il mutamento nell'impresa*, II Edizione, Giappichelli, Torino, 1995.

DOSI G., "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy*, vol. 11, n. 3, 1982.

EPSTEIN J.M., AXTELL R., *Growing Artificial Societies Social Science From the Bottom Up*, Brookings Institution Press, Washington D.C., 1996.

FELDMAN M., "The locational dynamics of the U.S. biotech industry: knowledge externalities and the anchor hypothesis", *Industry and Innovation*, vol. 10, n. 3, 2003.

GOLINELLI G., *L'approccio sistemico al governo dell'impresa. L'impresa sistema vitale, Volume I*, Cedam, Padova, 2000.

GRANOVETTER M., "The Streght of wike tie", *American Journal of sociology*, vol. 78, n. 6, 1973.

GRANOVETTER M., "The Strength of Weak Ties: a Network Theory Revisited", in Marsden P., Linn N. (eds) *Social Structure and Network Analysis*, Sage, Beverly Hills, 1982.

GULATI R., "Social structure and alliance formation patterns: A longitudinal analysis", *Administrative Science Quarterly*, n. 40, 1995.

HANNAH M., FREEMAN J., *Organizational Ecology*, Harvard University Press, Cambridge, 1989.

KOKA B.R., PRESCOTT J.E., "Designing alliance networks: the influence of network position, environmental change, and strategy on firm performance", *Strategic Management Journal*, vol. 29, n. 6, 2008.

LAZERSON M., LORENZONI G., "The Firms that Feed Industrial Districts: A Return to the Italian Source", *Industrial and Corporate Change*, n. 8, 1999.

LAZZARETTI L., STORAI D., *Il distretto come comunità di popolazioni organizzative. Il caso Prato*, Iris, Prato, 1999.

LIPPARINI A., LORENZONI G., "Le organizzazioni ad alta intensità relazionale. Riflessioni sui processi di learning by interacting nelle aree ad alta concentrazione di imprese", *L'Industria*, n. 4, 1996.

MADHAVAN R., KOKA B.R., PRESCOTT J.E., "Network in Transition: How industry events (re)shape interfirm relationships", *Strategic management Journal*, n. 19, 1998.

MANSFIELD E., *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis*, W.W. Norton & Company, New York, 1968.

MARSHALL A., *Principles of Economics*, Macmillan, London, 1919.

NELSON R., WINTER S., *An Evolutionary Theory Of Economic Change*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge and London, 1982.

NONAKA I., TAKEUCHI H., *The Knowledge Creating Company*, Oxford Univ. Press, Oxford, 1995.

PANICCIA I., *Industrial Districts: Evolution and competitiveness in Italian Firms*, Edward Elgar, Cheltenham, 2002.

PHLIPPEN S., RICCABONI M., *Radical Innovation and Network Evolution*, Tinbergen Institute Discussion Papers 07-039/3, Tinbergen Institute, 2007.

PILOTTI L. (a cura di), *Le strategie dell'impresa,* Carocci Editore, Roma, 2005.

PIRONTI M., REMONDINO M., PISANO P., "Enterprise clusters triggered by radical innovation: a modelistic approach", *EuroMed Journal of Business*, vol. 5 n. 2, 2010.

PORTER M., "Clusters and the New Economics of Competition", *Harvard Business Review*, n. 76, 1998.

PORTER M., "Location, competition and economic development", *Economic Development Quarterly*, n. 14, 2000.

POWELL W.W., KOPUT K.W., SMITH-DOERR L., "Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in Biotechnology", *Administrative Science Quarterly*, n. 41, 1996.

POWELL W.W., WHITE D.R., KOPUT K. W.,OWEN-SMITH J., "Network dynamics and field evolution: the growth of inter-organizational collaboration in the life sciences", *American Journal of Sociology*, vol. 110, n. 4, 2005.

RALLET A., TORRE A., "Proximité et localisation", *Economie Rurale*, n. 280, 2004.

REMONDINO M., *Agent Based Process Simulation and Metaphors Based Approach for Enterprise and Social Modeling*, ABS 4 Proceedings, SCS Europ. Publish. House, 2003.

SAXENIAN A., *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*, Harvard University Press, Cambridge, 1994.

SCHMOOKLER J., *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, 1966.

SCHUMPETER J.A., *The Theory of Economic Development*,: Harvard University Press, Cambridge, 1934.

SFORZI F., LORENZONI F., *I distretti industriali*, in IPI, (ed.), *L'esperienza italiana dei distretti industriali*, Ministero delle attività Produttive, Roma, 2002.

ROGERS E.M., *Diffusion of innovation*, Free Press, New York, 1995.

VALENTE T. W., *Network Models of the Diffusion of Innovations*, Cresskill, NJ, Hampton Press, 1995.

VICARI S. *Nuove dimensioni della concorrenza*, Egea, Milano, 1989.

WASSERMAN S., FAUST K., *Social network analysis Methods and Application*, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

WENGER E., *Communities of Practices: Learning, Meaning, Identity*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.