

# **INNOVAZIONE E IMITAZIONE COME STRATEGIE COMPETITIVE NEI DISTRETTI INDUSTRIALI (BOZZA)**

**Angelo Bonomi**

**Agosto 2000**

## **Introduzione**

E' risaputo come a più riprese e da più parti si sollevi periodicamente il problema del basso grado di innovazione tecnologica presente nell'industria italiana, della fragilità e basso grado di sviluppo che ne consegue e quindi la richiesta di maggiori fondi per la Ricerca & Sviluppo (R&S), che in Italia sono sensibilmente inferiori a quelli disponibili nei principali paesi industrializzati, e questo come soluzione dell'attuale perdita di competitività e basso sviluppo della nostra industria che in larga parte è rappresentata da piccole e medie imprese (PMI) spesso raccolte in distretti industriali più o meno grandi .

Questo articolo vuole presentare una visione più precisa del problema dell'innovazione tecnologica, in particolare per le PMI dei distretti industriali, partendo da un punto di vista moderno qual è la definizione di Tecnologia secondo la Scienza della Complessità e cioè un ecosistema in evoluzione composto dalle innumerevoli tecnologie esistenti in relazione tra di loro in maniera più o meno complessa.

L'innovazione è poi vista attraverso due importanti strategie utilizzate nell'industria e in particolare dalle PMI in questo campo e cioè la strategia basata sull'innovazione vera e propria ovvero sull'imitazione d'innovazioni già esistenti affrontando poi il problema della ricerca dell'innovazione in nuove tecnologie vicine a quella utilizzata ovvero in tecnologie lontane da questa con maggiore innovazione ma anche maggiori costi e rischi di R&S.

Le analisi effettuate mostrano che il problema dello sviluppo di innovazioni tecnologiche è complesso e che non esiste necessariamente una relazione lineare tra il livello dei finanziamenti disponibili e il numero di innovazioni che raggiungono con successo lo stadio industriale. Ogni aiuto finanziario dato in questo campo deve quindi essere accompagnato da misure atte a renderlo effettivo senza le quali esso si traduce semplicemente in una perdita.

## **Cosa è la Tecnologia**

Parlare di Innovazione Tecnologica vuol dire parlare di Tecnologia e della loro natura argomento sul quale esistono le opinioni più disparate.

La visione più vecchia, ma anche la più diffusa, è che le nuove tecnologie nascano un po' a caso, magari dal nulla, ovvero a seguito dell'attività di persone geniali particolari: gli inventori (Marconi o Edison ne sono dei grandi esempi). Si tratta di una visione semplicistica che non tiene conto della natura complessa della tecnologia e della sua evoluzione, infatti le tecnologie non nascono dal nulla ma sono sempre il risultato di un'evoluzione più o meno spinta di tecnologie preesistenti.

Nel campo delle Scienze Economiche la Tecnologia è stata considerata dapprima come un fattore completamente esogeno originata quindi da fattori non economici. Più recentemente si è cercato di realizzare dei modelli economici endogeni considerandola come il risultato di investimenti nel campo della R&S alla stregua di una merce. Questa visione non è erranea ma neanche

completamente soddisfacente. Questi modelli in realtà non spiegano ad esempio la mancanza di correlazione tra l'entità degli investimenti fatti e il valore della tecnologia sviluppata come merce. Inoltre, il lavoro di R&S effettuato nel caso di sviluppo mancato di un'innovazione tecnologica, e quindi inesistente come merce, ha conseguentemente un valore nullo. Nella realtà questo lavoro potrebbe essere invece sfruttato in futuro per lo sviluppo di altre tecnologie ed avere quindi un valore che però non può essere quantificato non conoscendo né la natura della tecnologia futura che lo può sfruttare né la sua importanza economica.

Recentemente la Scienza della Complessità (1) ha dato una definizione migliore della natura della Tecnologia che è più adatta a spiegarne i vari aspetti abbandonando la visione di essa come merce. Per la Scienza della Complessità la Tecnologia è un *ecosistema in evoluzione* composto dall'insieme delle innumerevoli tecnologie in uso collegate fra di loro attraverso una rete fortemente interconnessa. Nell'insieme delle tecnologie possiamo distinguere tecnologie importanti di larga utilizzazione, ad esempio la tecnologia dell'automobile, che a sua volta è composta da un insieme di molte altre tecnologie minori come la costruzione dei motori o dei pneumatici e in relazione con altre tecnologie di nicchia associate come la produzione e distribuzione della benzina, ecc. Tutte queste tecnologie inoltre non sono immobili ma in evoluzione adattandosi alle varie condizioni esterne e all'evoluzione di altre tecnologie in cui sono in relazione. Le tecnologie che compongono l'*ecosistema* possono essere quindi considerate, usando un'altra definizione derivata dalla Scienza della Complessità, dei *sistemi complessi adattativi* (SCA)

Come negli ecosistemi biologici le tecnologie possono proliferare ovvero estinguersi a seguito di competizione o di variazioni importanti dell'ambiente in cui esistono. Prendiamo ad esempio la tecnologia del "cavallo" come mezzo di trasporto di persone, essa è stata sostituita dalla tecnologia "automobile". L'estinzione della tecnologia "cavallo" ha comportato l'estinzione anche di altre tecnologie di nicchia associate come la fabbricazione delle carrozze o quelle usate dal maniscalco. D'altra parte, lo sviluppo della tecnologia "automobile" ha fatto proliferare altre tecnologie di nicchia come la produzione di benzina e la sua distribuzione o quella delle officine di riparazione che hanno, in un certo senso, occupato le nicchie lasciate libere dall'estinzione della tecnologia del "cavallo".

## **Cosa è l'Innovazione Tecnologica**

Alla luce della definizione di tecnologia secondo la Scienza della Complessità, l'innovazione tecnologica risulta quindi essere un *processo di evoluzione della tecnologia* da una situazione tecnologica preesistente verso l'emergenza di una nuova tecnologia. Questo processo può essere più o meno ampio accompagnato spesso, ma non necessariamente sempre, da un'attività vera e propria di R&S.

A questo proposito è bene non confondere per chiarezza il *processo*, e cioè l'innovazione tecnologica, con il *risultato*, e cioè la nuova tecnologia sviluppata.

Il processo più semplice d'innovazione tecnologica è rappresentato dal cosiddetto "imparare facendo". Esso è all'origine della cosiddetta "curva di apprendimento" e cioè il miglioramento nel tempo che si osserva nei costi di produzione dei processi industriali di fresco inizio e che sono conseguenza di continue migliorie che si possono realizzare ottimizzando il lavoro degli impianti di produzione. Questo tipo di innovazione non è necessariamente il risultato di un'attività di R&D a meno di considerare tale il lavoro di prove e studi che si fanno direttamente sull'impianto di produzione. Questo tipo di innovazione continua rappresentato da "imparare facendo" non è certo in grado di stravolgere il paesaggio tecnologico ma è molto diffuso e importante dal punto di vista dell'economia dell'impresa.

D'altro canto possiamo avere un processo d'innovazione tecnologica molto ampio, con un'importante attività di R&S, che parte dal laboratorio e da tecnologie preesistenti, eventualmente

molto differenti da quella che si vuole migliorare, e che risulta in una nuova importante tecnologia che è in grado di estinguere l'uso di vecchie tecnologie e creare nicchie per nuove tecnologie con cui è in relazione.

### **Cosa è un Paesaggio Tecnologico**

Dopo aver definito cosa è la Tecnologia e l'Innovazione Tecnologica la Scienza della Complessità suggerisce un ulteriore concetto utile per comprendere come le varie tecnologie interagiscono e come sono influenzate dalle varie strategie messe in atto dalle imprese alla ricerca di miglioramenti e nuove tecnologie. Questo concetto si chiama *Paesaggio Tecnologico* (2, 3, 4).

Immaginiamo un Distretto Industriale generico composto da un insieme di industrie che fabbricano prodotti molto simili usando tecnologie in genere abbastanza vicine. Consideriamo adesso le varie tecnologie usate nel Distretto per fabbricare un certo prodotto, esse potranno essere in una certa misura differenti l'una dall'altra ma, ciascuna di esse, poiché in uso, sarà caratterizzata da un certo grado di efficienza ottimale relativa, che può essere misurata ad esempio come l'inverso del costo di produzione relativo. Se ci allontaniamo dalle condizioni ottimali di funzionamento di una particolare tecnologia il costo di produzione aumenta e quindi il grado di efficienza diminuisce. Possiamo immaginare che la tecnologia, che ha raggiunto condizioni relativamente ottimali, sia come su una cima di una collina la cui altezza è data dal suo grado di efficienza. Quando una tecnologia viene usata agli inizi, la sua posizione non è necessariamente ottimale ma, attraverso il processo di "imparare facendo" che abbiamo descritto precedentemente, essa si sposta nel paesaggio verso una maggior efficienza per raggiungere uno stato ottimale relativo vicino quindi alla cima della collina. Consideriamo adesso la posizione di questa tecnologia rispetto a quelle utilizzate dalle altre aziende del Distretto, esse potranno differire in una certa misura in termini di efficienza (altezza della collina) e saranno tanto più distanti quanto più saranno differenti come tecnologia.

L'insieme delle varie colline e distanze qui descritte costituisce, per la Scienza della Complessità, il cosiddetto *Paesaggio Tecnologico*. Una certa tecnologia in uso occuperà una certa posizione nel paesaggio tecnologico, essa potrà essere vicina alla cima di una collina, se vicina al suo optimum di efficienza, o lungo il pendio o addirittura in un avvallamento se le sue condizioni sono molto lontane da quelle ottimali.

L'interesse del concetto di Paesaggio Tecnologico sta nel fatto che esso può essere espresso matematicamente come un iperspazio nel quale si possono sviluppare modelli di simulazione di strategie alla ricerca di comportamenti d'impresa ottimali nel campo tecnologico. In questo caso ogni tecnologia viene definita da una cosiddetta *Ricetta di Produzione* (3) costituita da una sequenza di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di istruzioni necessarie per effettuare la produzione. La *Distanza Metrica* tra le varie tecnologie è calcolata sulla base del numero di differenze nelle operazioni e negli insiemi di istruzioni, mentre le altezze sono definite dall'efficienza (inverso del costo di produzione relativo).

Occorre notare che il Paesaggio Tecnologico è tutt'altro che statico, i movimenti di alcune tecnologie verso l'alto a seguito di elaborazione di ricette di produzione sempre migliori possono modificare i costi relativi di produzione, e quindi l'efficienza, abbassando la quota di livello di altre tecnologie più statiche che rischiano di ritrovarsi nel fondo di avvallamenti in condizioni di completa obsolescenza. L'apparizione di nuove tecnologie può avere conseguenze ancora più drammatiche sul paesaggio. Le nuove tecnologie, oltre che più efficienti, possono essere anche molto differenti e quindi molto distanti da quelle convenzionali usate. Si può assistere quindi a una migrazione di tutto o in parte dell'insieme delle tecnologie di un Distretto verso il nuovo con uno

stravolgimento profondo del paesaggio e con l'appiattimento della posizione e quindi l'obsolescenza delle vecchie tecnologie.

### **Studi di Strategia nel Paesaggio Tecnologico**

Una delle scelte strategiche più importanti che un'impresa deve fare nel campo dell'innovazione riguarda la decisione di procedere allo sviluppo di proprie innovazioni ovvero in alternativa di perseguire una politica di imitazione di innovazioni che emergono con successo. Sul piano della R&S la distinzione tra le due strategie non è così netta. La politica di sviluppo di proprie innovazioni deve comunque partire in generale da tecnologie preesistenti mentre la politica di imitazione può comunque aver bisogno di una certa attività di R&S poiché le informazioni disponibili su una nuova tecnologia da imitare possono non essere sufficienti e un certo lavoro di R&S può essere necessario per industrializzarla. Inoltre, un'alternativa alla R&S può essere comunque in tutti i casi l'acquisto esterno di nuove tecnologie disponibili. Poiché la tecnologia non è in realtà una merce si dovrebbe parlare piuttosto di acquisto di servizi utili per adottare la nuova tecnologia.

La strategia innovativa è caratterizzata da un alto costo di R&S (o un alto costo di acquisto della tecnologia in esclusiva) che dovrebbe essere largamente compensato da possibili guadagni risultanti dalla posizione dominante sull'uso esclusivo di questa tecnologia.

La strategia imitativa è caratterizzata da un basso costo di R&S (o un basso costo di acquisto della tecnologia non in esclusiva) e da una situazione comunque di guadagno senza l'uso esclusivo della tecnologia.

Una variante della strategia innovativa è poi quella di sfruttare in un primo tempo la posizione esclusiva dominante e poi vendere la tecnologia a imprese con strategie imitative per assicurare un ulteriore ritorno di investimento della R&S.

Dal punto di vista del Paesaggio Tecnologico la strategia innovativa tende a creare un picco isolato su cui si posiziona la nuova tecnologia mentre la strategia imitativa tende a creare un paesaggio composto da un insieme di colline vicine su cui si posizionano le nuove tecnologie utilizzate dalle varie industrie e le cui differenze in distanza ed altezza dipenderanno dal successo del processo innovativo di "imparare facendo" che si stabilisce con l'uso industriale della nuova tecnologia imitata da ogni impresa.

La validità relativa delle strategie innovative rispetto a quelle imitative per le imprese è stata studiata recentemente usando un modello sviluppato dall'Università La Trobe di Melbourne (Australia) e chiamato SELESTE da (Strategic Learning Testbed) (4).

Senza entrare nel dettaglio del modello e la sua applicazione possiamo dire che esso è basato essenzialmente su un programma per calcolatore detto "Classificatore di apprendimento" e cioè in cui gli elementi si autoistruiscono durante l'esecuzione del programma. Il modello SELESTE è stato specificatamente sviluppato per studi di strategie e in questo studio i suoi tre elementi principali sono:

- Le imprese
- Le industrie (tecnologie)
- Gli assetti strategici (partecipazioni industriali)

I tipi di impresa con le loro corrispondenti strategie studiate sono tre:

- Imprese statiche (Strategia statica non innovante)
- Imprese imitanti (Strategia di innovazione per imitazione)
- Imprese adattanti (Strategia di sviluppo di innovazione)

Sono stati quindi considerate tre aspetti, ognuno considerato in due gradi differenti (alto o basso), e influenzanti i risultati delle strategie e cioè:

- Grado di imitabilità e cioè la facilità in cui si può effettuare l'imitazione della nuova tecnologia
- Grado di ambiguità e cioè la difficoltà a valutare a priori la validità di un'innovazione
- Grado di turbolenza e cioè il grado di cambiamento dell'ambiente in cui opera il modello

I risultati ottenuti dalla simulazione espressi in termini di risultati economici relativi delle varie strategie ottenuti dopo un lasso di tempo di elaborazione sul modello sufficientemente lungo sono stati alquanto interessanti. Prima di tutto la strategia imitativa si è dimostrata in generale la migliore in termini economici. Il grado di imitabilità si è dimostrato il fattore più importante per determinare i risultati delle varie strategie mentre il grado di turbolenza ha poca influenza sui risultati. In pratica la strategia imitativa diventa poco economica solo quando il grado di imitabilità è molto basso, e cioè quando ci sono molte difficoltà a imitare le innovazioni, mentre i suoi risultati sono poco influenzati dal livello di ambiguità. La strategia innovativa è quindi economicamente valida per gradi bassi di imitabilità ed è sensibile al problema dell'ambiguità. Infatti, in presenza di un forte grado di ambiguità (incertezza nei risultati) e basso livello di imitabilità, la strategia di non fare innovazione può dare risultati leggermente migliori di quelli della strategia innovante.

Un altro importante aspetto strategico nel campo della tecnologia studiato recentemente (2) riguarda la scelta su come affrontare la ricerca di miglioramenti e nuove tecnologie nel Paesaggio Tecnologico proprio dell'impresa. Si tratta essenzialmente di scegliere se ricercare l'optimum di efficienza vicino alla propria posizione tecnologica ovvero di ricercare più lontano considerando tecnologie anche molto differenti da quella usata attualmente. Nel primo caso avremo quindi un lavoro essenzialmente di "imparare facendo" o comunque di R&S limitata a ottimizzare la tecnologia esistente attraverso modifiche relativamente limitate. Nel secondo caso si ricerca invece chiaramente nuove tecnologie con un'importante attività di R&S.

In questo caso le due strategie sono state confrontate considerando i differenti percorsi nel Paesaggio Tecnologico e adottando sistemi di calcolo derivati essenzialmente da un modello di simulazione chiamato NK. Questo modello è molto generale ed è stato sviluppato all'origine in Fisica per studiare particolari fenomeni di magnetismo. La Scienza della Complessità lo ha poi estesamente utilizzato per la simulazione di ecosistemi biologici e quindi usato anche nel campo della Tecnologia.

Senza entrare nei particolari del modello possiamo dire che esso tratta un sistema composto da  $N$  elementi ognuno dei quali è collegato da  $K$  relazioni con gli altri elementi (da cui il nome di modello NK) e la cui evoluzione (stato degli  $N$  elementi) dipende dai valori attribuiti alle  $K$  relazioni. Nel nostro caso particolare  $N$  è rappresentato dal numero di operazioni che caratterizza una certa ricetta di produzione ovvero una tecnologia.

I risultati ottenuti dalla simulazione sul modello dopo un tempo di elaborazione sufficientemente lungo mostrano che la miglior strategia da seguire dipende dalle condizioni iniziali della tecnologia e precisamente:

- Se la posizione iniziale della tecnologia è molto degradata rispetto alle altre tecnologie concorrenti risulta conveniente ricercare lontano una nuova tecnologia più efficace.
- Se la posizione iniziale della tecnologia è invece buona è più conveniente cercare miglioramenti o nuove tecnologie vicine a quella attuale

Una conseguenza logica di questo risultati è la seguente: quando nel Paesaggio Tecnologico appare una nuova tecnologia molto efficiente e differente da quelle tradizionali, è meglio ricercare subito

qualche nuova tecnologia efficiente molto innovativa piuttosto che perdere tempo a cercare di migliorare la vecchia tecnologia per riportarla a valori di efficienza vicini a quelli della nuova.

## **Tecnologia e Distretti Industriali**

Veniamo adesso al panorama industriale italiano. Esso è composto da poche grandi industrie, da moltissime piccole industrie, molte medie industrie mentre le industrie medio-grandi sono quasi inesistenti. Le piccole e medie industrie (PMI) sono molto spesso raccolte in Distretti Industriali. Va detto subito che dal punto di vista della Scienza della Complessità l'esistenza di un Distretto non può essere definita da parametri socio-economici come numero di aziende, fatturato globale, ecc. Un Distretto è un *ecosistema* ed esiste nella misura che ha all'interno di esso le relazioni tipiche di un Distretto e che si comporta esternamente come un Distretto e questo indipendentemente dal numero di imprese che ne fanno parte o i loro fatturati.

E' ben conosciuto che l'industria italiana non ha mai potuto svilupparsi, salvo poche eccezioni, attraverso la grande tecnologia ma piuttosto attraverso tecnologie di nicchia. Considerando la grande prevalenza di PMI nel tessuto industriale non poteva d'altro canto essere altrimenti.

Un'altra caratteristica dell'industria italiana è quella di procedere nel campo dell'innovazione tecnologica prevalentemente attraverso strategie imitative e acquisto esterno di tecnologia. Come abbiamo visto precedentemente questa politica può essere comunque molto valida da un punto di vista economico.

Guardando da vicino i tipici Distretti Industriali italiani essi sono spesso caratterizzati da una maggioranza di imprese che attuano una strategia imitativa riguardo le innovazioni e poche imprese, in genere le più grandi, che adottano, almeno in parte strategie innovative. Le deboli barriere esistenti riguardo ai fenomeni di imitazione, basti pensare alle difficoltà e costi esistenti per i brevetti e la tolleranza esistente nei Distretti riguardo alla diffusione di tecnologie attraverso la mobilità del personale, rendono questa politica imitativa pagante come anche confermano i risultati di simulazione su modello descritti precedentemente. E' vero che un insieme di sole imprese attuanti politiche imitative non potrebbe affrontare le evoluzioni dei mercati convenientemente per mancanza di innovazioni da imitare, nella realtà, come si è visto, emerge una situazione di quasi equilibrio tra un numero grande di imprese con strategie imitative e un numero piccolo di imprese con strategie innovative il tutto rinforzato da acquisti di tecnologie esterne. Questa situazione è abbastanza solida ed ha potuto affrontare con successo importanti evoluzioni del mercato, essa però può essere sconvolta dall'apparizione di nuove grandi tecnologie, eventualmente difficilmente imitabili o acquistabili. E' quello che sta succedendo attualmente nel quadro di uno sconvolgimento del panorama mondiale con l'apparizione del fenomeno comunemente chiamato *New Economy*.

Il risultato di questo sconvolgimento in atto è un rallentamento dello sviluppo industriale italiano rispetto ad altri paesi industrializzati che hanno un migliore accesso e diffusione dell'uso delle nuovi grandi tecnologie. Esistono almeno due possibili evoluzioni di questa situazione per l'industria italiana con i rispettivi rimedi.

Una prima evoluzione possibile considera che il mercato renderà indispensabile l'utilizzazione delle grandi tecnologie per mantenere la competitività dell'industria italiana. Occorrerà quindi adottare una strategia in grado di rendere competitiva la nostra industria in questo campo. Siamo nel caso, già citato nella simulazione su modello, in cui bisogna ricercare lontano nuove tecnologie se la tecnologia attuale è poco efficiente.

Una seconda evoluzione possibile considera invece il fatto che ogni grande tecnologia che si sviluppa crea dopo un certo tempo nicchie di tecnologie accessorie che entrano in simbiosi con questa. In questo caso il rallentamento dello sviluppo attuale è solamente congiunturale, tra un certo tempo appariranno le nicchie caratteristiche della nuove grandi tecnologie e l'industria italiana si preoccuperà di occuparle rapidamente presumibilmente con l'efficacia che ha sempre dimostrato in questo tipo di operazione rinnovando così completamente il Paesaggio Tecnologico attuale.

Nel primo caso occorre adottare una strategia di ricerca di nuove tecnologie con massicci investimenti e forte attività di R&S per sviluppare grandi tecnologie competitive assumendo alla fine una struttura tecnologica simile a quella degli altri paesi industrializzati con forte attività di R&S. Nel secondo caso non è necessario adottare nessuna particolare strategia d'intervento. L'occupazione delle nicchie può avvenire, come nel passato, spontaneamente per acquisto o imitazione di nuove tecnologie minori e limitata attività di R&S. Il pericolo di questa evoluzione è che altri paesi che già adottano questo tipo di strategia, come i paesi del Sud Est asiatico, entrino in concorrenza ed occupino prima e meglio le nicchie disponibili lasciando l'industria italiana senza risorse

Non è possibile prevedere quale delle due evoluzioni si realizzerà, si può però fare alcune considerazioni sull'efficacia degli investimenti e disponibilità di fondi per la R&S nel realizzare nuove tecnologie efficaci.

### **Investimenti e Innovazione Tecnologica**

Il problema dell'azione degli investimenti in R&S sulla generazione di nuove tecnologie si può porre in questo modo: in quale misura una certa quantità di fondi disponibili per la R&S si traduce dopo il processo di innovazione tecnologica in un certo numero di nuove tecnologie efficienti.

La Tecnologia non è una merce ma un ecosistema e quindi dobbiamo considerare, alla luce di quanto ci insegna la Scienza della Complessità, che *non esiste una relazione lineare tra l'ammontare dei fondi disponibili per la R&S e il numero di nuove tecnologie efficienti che si possono generare*. L'osservazione dell'attività di R&S e le nuove tecnologie risultanti nei paesi industrializzati mostra chiaramente la relazione di non-linearità, ne sono ad esempio i casi in cui uno sviluppo dell'innovazione viene abbandonata o perché tecnicamente non è fattibile o perché i fondi disponibili sono insufficienti per continuare la R&S. In tutti questi casi i fondi spesi per la R&S sono persi. D'altra parte si può spesso osservare il caso in cui la realizzazione di una nuova tecnologia catalizza la realizzazione di altre tecnologie collegate a costi di R&S decisamente inferiori a quelli che si potrebbero stimare in assenza della prima realizzazione.

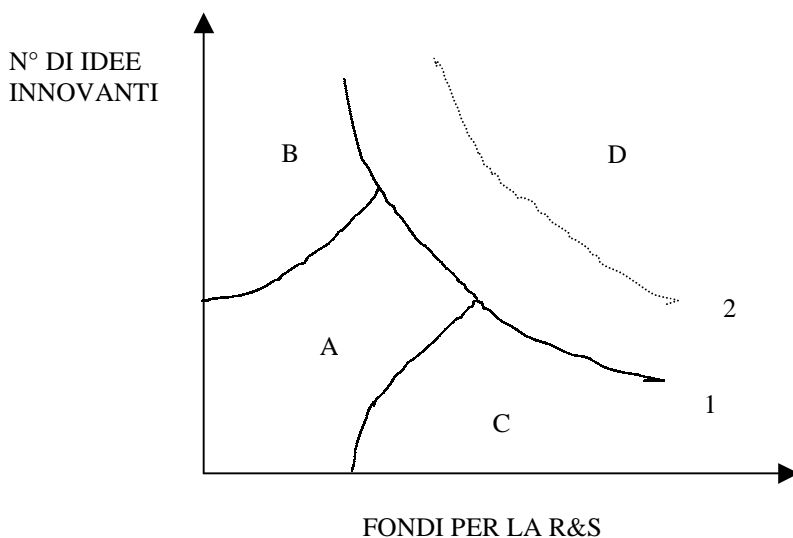
In conclusione si può affermare che la relazione tra i fondi disponibili e le nuove tecnologie realizzate è non-lineare e presenta fenomeni di *autocatalisi* nel senso che la realizzazione di una nuova tecnologia è in grado di favorire la generazione di numerose altre nuove tecnologie in cascata.

Questo fenomeno di autocatalisi è molto importante nei paesi con forte attività di R&S poiché permette di avere un elevato sviluppo di nuove tecnologie e allo stesso tempo sostenere economicamente grandi investimenti in R&S e quindi di avere disponibili fondi sufficientemente elevati per sviluppare fino in fondo le innovazioni e sopportare le perdite che si hanno nei casi di insuccesso della R&S.

I fenomeni di autocatalisi sono ben conosciuti in chimica, biochimica e negli ecosistemi biologici e sono oggetto di studi nel campo della Scienza della Complessità. Tutti i fenomeni di autocatalisi presentano un aspetto tipico. Consideriamo ad esempio un tipico fenomeno di autocatalisi nel campo delle molecole biologicamente attive. Si osserva in questi casi che, all'avvenire di una certa reazione, il prodotto di questa reazione agisce da catalizzatore e innesca quindi una produzione esplosiva di se stesso. Quando si ha una miscela di differenti molecole biologicamente attive, il

fenomeno dell'autocatalisi si realizza solo quando esiste un numero sufficientemente alto di molecole differenti accompagnato allo stesso tempo da un valore di probabilità sufficientemente alto perché ciascuna molecola possa agire da catalizzatore in una qualsiasi reazione tra le molecole esistenti. Se si riporta su un diagramma questa situazione nel quale su un asse si riporta il numero delle molecole differenti e sull'altro la probabilità che le molecole agiscano da catalizzatore, si hanno due zone separate da una curva i cui rami si avvicinano asintoticamente agli assi. Nella zona vicina agli assi il fenomeno di autocatalisi non avviene per insufficienza di molecole diverse o bassa probabilità di catalisi mentre avviene nella zona al di là della curva quando esiste un numero sufficiente di molecole diverse e buone probabilità di catalisi.

Questa situazione molecolare può essere facilmente rapportata al nostro caso sostituendo il numero delle molecole diverse con il numero di idee di innovazioni da sviluppare e riportando i finanziamenti disponibili sull'altro asse. Si può così ottenere il diagramma riportato nella Fig. 1.



**Fig. 1. Condizioni di autocatalisi per le innovazioni**

Il diagramma della Fig.1 contiene due curve (1 e 2) ed è diviso in quattro zone (A, B, C, D).

Le linee 1 e 2 delimitano la zona D in cui si innesca l'autocatalisi dalle altre zone inefficaci per l'innescare. Le linee 1 e 2 rappresentano due situazioni di efficienza nello svolgere l'attività di sviluppo delle nuove tecnologie attraverso la R&S. La linea 1 rappresenta la situazione più efficiente mentre la linea 2 quella meno efficiente per la quale ci vogliono più fondi e più idee innovanti per innescare l'autocatalisi.

La Zona A è caratterizzata da un numero limitato di idee innovative e scarsi fondi per la R&S ed è improbabile che in queste condizioni si generino nuove tecnologie.

La Zona B è caratterizzata da un numero elevato di idee innovative ma scarsi fondi di R&S disponibili, in questo caso molte nuove tecnologie non possono venire alla luce per l'insufficienza dei fondi e le poche che possono generarsi non sono sufficienti a correlarsi per innescare l'autocatalisi.

La Zona C è caratterizzata da importanti fondi disponibili ma da un numero limitato di idee innovative, anche in questo caso le poche nuove tecnologie che possono vedere la luce non sono in grado di innescare l'autocatalisi.

La Zona D presenta un numero elevato di idee innovative e fondi sufficienti per svilupparle e quindi è in grado di mettere alla luce un numero sufficiente di nuove tecnologie in grado di correlarsi e generare fenomeni autocatalitici. L'ampiezza della Zona D di autocatalisi dipende, come si vede nella Fig.1, dal livello di efficienza che il sistema ha nel gestire i fondi di R&S (Curve 1 e 2).



Se veniamo al caso italiano ci ritroviamo probabilmente in una posizione tra le zone A e B in cui è possibile la presenza anche di un buon numero di idee innovanti ma sicuramente fondi insufficienti per svilupparle. Un altro problema italiano riguarda l'efficienza nell'utilizzazione di fondi per la R&S. E' innegabile che l'Italia, con la sua storia di scarsi fondi disponibili in questo campo, abbia meno esperienza di gestione di quanto ne abbiano gli altri paesi industrializzati con forte attività di R&S, inoltre, la situazione è aggravata dalla mancanza in Italia di un numero sufficiente di organismi che si occupino di aiutare la R&S, rispetto ad esempio a Francia e Germania, e fare da ponte tra l'Università, fonte potenziale di idee innovanti, e le esigenze dell'Industria in fatto di innovazione con le sue costrizioni economiche e commerciali come segnalato già nel 3° rapporto del CNEL sull'innovazione, piccole imprese e distretti industriali.

Il risultato di tutto questo è che il perseguimento di una politica di alti investimenti di R&S in Italia richiede molto più sforzo per ottenere buoni risultati che non negli altri paesi industrializzati e che deve essere necessariamente accompagnata da misure specifiche atte ad aiutare il processo di ristrutturazione indispensabile per rendere l'Italia competitiva in questo campo.

## **Conclusioni**

Questo articolo vuole dimostrare come la Tecnologia e l'Innovazione Tecnologica siano fenomeni complessi che possono essere descritti validamente come ecosistemi in evoluzione.

Questi sistemi possono essere modellizzati, pur in maniera estremamente semplificata, utilizzando un nuovo concetto elaborato dalla Scienza della Complessità chiamato Paesaggio Tecnologico. Si possono così studiare sul calcolatore varie strategie nel campo della tecnologia i cui risultati possono poi essere confrontati con la realtà.

Lo studio su questi modelli dimostra come la strategia imitativa per le nuove tecnologie sia economicamente superiore a quella innovativa almeno quando il grado di imitabilità delle tecnologie sia medio o alto. Inoltre altri studi dimostrano come sia più conveniente ricercare nuove tecnologie anche lontane dalla propria quando essa è diventata troppo inefficiente mentre è più conveniente migliorare o ricercare nuove tecnologie vicine alla propria tecnologia quando essa è abbastanza valida.

L'attività di sviluppo di nuove tecnologie si è dimostrata pagante in presenza di un buon numero di idee e fondi sufficienti per la R&S in grado di innescare processi autocatalitici di generazione di ulteriori nuove tecnologie in cascata che sostengono economicamente il sistema, cosa che si è realizzata nei paesi industrializzati con una storia di forti investimenti in R&S.

L'attuale crisi di sviluppo industriale che si osserva in Italia a fronte dell'apparizione di nuove grandi tecnologie, appartenenti alla cosiddetta New Economy, mette l'Italia di fronte a un dilemma. Si può in effetti pensare di effettuare un grande sforzo per strutturare l'Italia come i grandi paesi industrializzati con forte attività di R&S, ovvero continuare nelle politiche di nicchia in attesa che lo sviluppo delle nuove grandi tecnologie generi nuove nicchie su cui lanciarsi. Nel primo caso la realizzazione è resa difficile dalla mancanza di esperienza e strutture atte a gestire efficacemente i fondi importanti necessari per avere un'attività di R&S sufficiente per innescare processi autocatalitici nel campo dell'innovazione. Nel secondo caso esiste il pericolo che altri paesi emergenti che perseguono questo tipo di strategia di nicchia entrino in concorrenza mettendo in difficoltà l'operazione.

Molto probabilmente la cieca applicazione dell'una o dell'altra strategia non può essere efficace per dare una soluzione al problema. Occorrerà invece elaborare una nuova via che tenga conto di tutti gli aspetti complessi del Paesaggio Tecnologico italiano per poter scegliere in maniera appropriata dove investire in R&S e dove invece perseguire le strategie imitative e di occupazione di nicchia.

## **BIBLIOGRAFIA**

- (1) Morris Mitchell Waldrop “Complessità: Uomini e idee al confine tra ordine e caos” Instar Libri, Torino 1996.
- (2) S. Kauffman, J. Lobo, W.G. Macready “Optimal Search on a Technology Landscape” Working Paper 98-10-09E, Santa Fe Institute Oct. 98
- (3) Ph. Auerswald, S. Kauffman, J. Lobo, K. Shell “The Production Recipes Approach to Modelling Technological Innovation: An Application to Learning by Doing” Working Paper 98-11-100, Santa Fe Institute Sept. 98
- (4) S. E. Phelan “Using Artificial Adaptive Agents to Explore Strategic Landscapes” Thesis, School of Business, La Trobe University Australia, November 1997.