Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
120° (2002), Vol. XXVI, pp. 125-133

CRISTIANO ANTONELLI *

Le regole della accumulazione della conoscenza tecnologica nella «nuova economia» **

1. *Introduzione*

Tra i temi di grande rilevanza per l'evoluzione della «new economy» vi è il ruolo della conoscenza come fattore chiave dell'attuale sviluppo. La presente relazione tratta di tale argomento alla luce della recente evoluzione della teoria economica. L'economia della conoscenza ha infatti conosciuto nel corso di pochi anni cambiamenti significativi. Il consenso attorno al carattere di bene pubblico della conoscenza è stato inizialmente contrastato, ed in fine sostituito, dalle teorie sulla crescita endogena, che sostengono la natura quasi-privata della conoscenza tecnologica. La percezione del ruolo delle esternalità relative alla domanda di conoscenza, e della conoscenza esterna in generale, ha tuttavia suscitato un nuovo interesse circa i meccanismi di regolazione su cui si basano la produzione e la distribuzione di nuova conoscenza. La comprensione della molteplicità degli equilibri possibili, anche a causa degli effetti retroattivi a livello sia macroeconomico, sia microeconomico, richiama l'attenzione sul ruolo cruciale della politica economica. Tutto ciò ha avuto importanti conseguenze sul progetto istituzionale relativo all'organizzazione della produzione e della distribuzione di conoscenza.

Questo percorso può essere riassunto in tre fasi. La prima riguarda la grande altalena dalla costruzione della conoscenza pubblica condivisa all'onda di privatiz-

* Laboratorio di Economia dell'Innovazione, Dipartimento di Economia, Università di Torino.

** Relazione presentata in occasione dell'*Incontro* su «Sviluppo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) e new economy», Milano, 20 novembre 2001. Questo lavoro è stato reso possibile da un contributo del progetto TELL della Direzione Ricerca dell'Unione Europea. Ringrazio la dottoressa Flavia Stella per la collaborazione nella stesura della versione italiana.

zazioni e liberalizzazioni. L'identificazione del ruolo chiave della conoscenza esterna nella produzione di nuova conoscenza delinea la seconda fase, in cui la scoperta del rapporto costi-benefici relativi all'esclusione e alla privatizzazione della conoscenza accentua l'importanza e il ruolo della regolazione in tutte le interazioni e negli scambi di conoscenza. La comprensione della indeterminatezza e molteplicità degli esiti possibili delle interazioni di mercato, nella produzione e nella distribuzione di conoscenza tecnologica, dovrebbe preparare il terreno per compiere il terzo passo, quello in cui viene individuato un nuovo ambito di studio per una politica economica che sia in grado di gestire le istanze di una coordinazione dinamica.

2. *La grande altalena*

I contributi di Kenneth Arrow e Richard Nelson hanno a lungo influenzato il dibattito sull'organizzazione economica dell'offerta di conoscenza. In quell'approccio, la conoscenza tecnologica era vista come un bene pubblico, a causa degli alti livelli di indivisibilità, non-esclusività, non-commerciabilità e di conseguenza non-appropriabilità. In un tale contesto i mercati non sono in grado di fornire gli appropriati livelli di conoscenza, a causa della scarsità sia degli incentivi, sia delle opportunità per implementare la divisione del lavoro che permetterebbe di raggiungere adeguati gradi di specializzazione. L'offerta pubblica di conoscenza tecnologica, ed in particolare di conoscenza scientifica, è stata a lungo considerata il rimedio fondamentale alle insufficienze del mercato.

L'offerta di conoscenza scientifica e tecnologica attraverso il finanziamento pubblico delle Università e di altri enti di ricerca, così come di quelle imprese desiderose di intraprendere programmi di ricerca di interesse generale, ha trovato la propria ragione d'essere in questa argomentazione ed ha condotto all'attuale costruzione ed alla sistematica implementazione della conoscenza pubblica condivisa: i «knowledge commons» (Swann, 2002).

Parallelamente, tuttavia, anche il potere ex-ante del mercato monopolistico è stato indicato, in tale contesto, come uno strumento adatto ad incentivare il tasso di accumulazione della conoscenza tecnologica e quindi l'introduzione del cambiamento tecnologico. Le barriere all'entrata, nei mercati dei prodotti, assicurano le risorse finanziarie necessarie a sostenere le spese per la ricerca e lo sviluppo, e, soprattutto, riducono il rischio di imitazione e divulgazione incontrollata. I concorrenti devono ancora entrare sul mercato e l'entrata è impedita da sostanziosi svantaggi in termini di costi.

La creazione di diritti di proprietà intellettuale in origine è stata vista come un intervento istituzionale complementare. I brevetti ed il sistema dei diritti di autore, se debitamente implementati, possono ridurre la non-esclusività e la non-appropriabilità. Nel contesto istituzionale adeguato, i diritti di proprietà possono, inoltre, favorire la commerciabilità e quindi condurre a gradi più alti di specializzazione e di divisione del lavoro. I diritti di proprietà possono così contribuire ad aumentare

gli incentivi alla produzione di conoscenza scientifica e tecnologica (Alchian e Demsetz, 1973).

La costruzione di un'economia di diritti di proprietà intellettuale è tuttavia progressivamente giunta ad ipotizzare in modo più forte che l'appropriata implementazione dei brevetti, accortamente stabiliti in termini di copertura, durata e procedure di assegnazione, possa ridurre o addirittura cancellare i problemi sollevati dal carattere di bene pubblico della conoscenza tecnologica. Allo stesso tempo molte prove empiriche e ricerche teoriche hanno mostrato come l'appropriabilità sia, di fatto, decisamente maggiore di quanto non si supponesse. La conoscenza è contestuale e specifica in relazione alle condizioni originarie di generazione ed accumulazione: di conseguenza le possibilità di appropriabilità naturale sono migliori di quanto si pensasse. I costi di imitazione risultano alti, così come i costi di ricezione e di riformulazione dell'assetto ingegneristico necessari ad utilizzare la conoscenza di cui non si è proprietari. I costi della sindrome del «non-inventato-qui» sono riconosciuti come notevoli. L'assistenza agli utenti potenziali da parte dei detentori della conoscenza originaria diventa molto importante, se non indispensabile.

Questi due capi dell'analisi, ex-post, hanno offerto argomenti complementari alla nuova ipotesi che sostiene la possibilità di identificare un'offerta ed una domanda per la conoscenza tecnologica e quindi un relativo mercato. Ipotesi che, in fine, indica i risultati di tali interazioni di mercato come compatibili con un sistema competitivo e realizzabili in condizioni vicine all'equilibrio.

Questo nuovo approccio non conduce solo alle teorizzazioni della crescita endogena, ma anche a compiere passi significativi verso la privatizzazione delle conoscenze pubbliche condivise. Le Università sono state sollecitate a brevettare le loro scoperte, e spesso sono state forzate ad entrare sul mercato dei servizi della ricerca tecnologica. Il finanziamento pubblico delle attività di ricerca è diminuito, e messo in questione, se non ridimensionato. Si è sentita l'esigenza di osservare più da vicino il lavoro della conoscenza pubblica condivisa, nonché l'effettiva necessità di valutare la produttività delle risorse investite in tale conoscenza messa in comune, sia a livello di sistema, sia a livello di singole unità. Sono stati fatti inoltre alcuni tentativi di liberalizzare i mercati, specialmente nel nuovo campo delle tecnologie ad ampio spettro dell'informatica e della comunicazione, con la liberalizzazione delle telecomunicazioni e nuove prese di posizione antitrust molto aggressive (David, 1997).

3. *La scoperta delle esternalità di conoscenza*

L'analisi dell'appropriabilità ha reso possibile per l'economia dell'innovazione la comprensione del ruolo chiave delle esternalità tecnologiche e degli effetti positivi degli spill-overs tecnologici. La scoperta della conoscenza esterna, che si rende disponibile non solo attraverso le transazioni nel mercato della conoscenza, ma anche attraverso le interazioni tecnologiche, rappresenta un nuovo importante passo nel dibattito. La conoscenza esterna è un input importante nella produzione

di nuova conoscenza, e tale ruolo fondamentale, una volta riconosciuto, è stato articolato e compreso nell'approccio dei sistemi innovativi, in cui la produzione di nuova conoscenza è vista come il risultato del comportamento cooperativo di agenti che portano avanti attività di ricerca complementari (Antonelli, 2001).

Di conseguenza, debbono essere rivalutati i costi derivanti dall'esclusione prodotta dai diritti della proprietà intellettuale. Il controllo monopolistico di rilevanti unità di conoscenza, sia ex-ante attraverso i brevetti, sia ex-post per via delle barriere all'entrata nei mercati dei prodotti, può evitare non solo la divulgazione incontrollata e di conseguenza la diffusione di esse, ma anche quelle ricombinazioni ulteriori che potrebbero produrre nuova conoscenza, almeno per un considerevole periodo di tempo.

I vantaggi derivanti da un regime forte di diritti di proprietà intellettuale, in termini di maggiori incentivi per il mercato ad offrire conoscenza tecnologica, sono ora controbilanciati dai costi derivanti dal ritardo con cui si potrà usufruire delle nuove cognizioni e dalle occasioni perse in termini di arricchimento incrementale delle stesse. Gli aspetti verticali ed orizzontali dell'indivisibilità mostrano i loro potenti effetti in termini di cumulabilità. L'indivisibilità della conoscenza si traduce nella fondamentale complementarità cumulativa delle singole unità. La complementarità e la cumulabilità a loro volta implicano che le nuove unità di conoscenza possano essere più facilmente introdotte a partire da altre unità acquisite in precedenza, sia nello stesso specifico contesto, sia in contesti adiacenti. Impedire l'accesso alla conoscenza già acquisita riduce la prospettiva di nuove conquiste e, in ogni caso, comporta costi sociali molto alti di duplicazione delle spese.

A questo punto il concetto di esternalità dal lato della domanda diventa evidente e rilevante per la generazione di nuova conoscenza tecnologica. La nozione di interdipendenza fra gli utenti irrompe sulla scena quando gli agenti tengono conto del livello di utilizzo di determinati beni da parte di altri agenti. Infatti, per quel che riguarda la conoscenza scientifica e tecnologica, l'interdipendenza tra gli utenti è molto forte, le effettive possibilità, per ciascun agente, di generare nuove unità di conoscenza, dipendono dai livelli di accumulazione di capacità, competenze, istruzione ed accesso alle informazioni degli altri agenti all'interno della comunità.

La quantità di conoscenza tecnologica esterna disponibile in un dato contesto, sia industriale, sia tecnologico, sia regionale, diventa un'importante risorsa, così come le condizioni di accesso ad essa e le caratteristiche della struttura delle relazioni. Diversi attori influenzano l'ammontare della conoscenza esterna disponibile: imprese, università e centri di ricerca, nonché intermediari ed altri agenti specializzati nella diffusione di conoscenza tecnologica come le attività dei KIBS, servizi ad alta intensità di conoscenza. Le istituzioni dei mercati del lavoro rivestono un ruolo importante: l'anzianità di servizio e la struttura dei salari può modificare il flusso della conoscenza tecnologica soprattutto in un contesto regionale (Cooper, 2001). La divisione del lavoro tra le imprese e le pratiche di fornitura esterna di servizi di ricerca, inoltre, hanno un ruolo importante in quanto aumentano il flusso di comunicazioni tecnologiche. Assume in questo ambito crescente rilievo l'attività dei

KIBS come fornitori di conoscenza tecnologica ed attori complementari nello scambio di brevetti e di altre forme di diritti di proprietà intellettuale.

Si apre in tal modo un'ampia area per l'analisi empirica e teorica (Teece, 2000; Nelson e Sampat, 2001).

Le problematiche della distribuzione della conoscenza diventano centrali nel dibattito. La divulgazione incontrollata ed i regimi di bassa appropriabilità riducono gli incentivi e possono condurre ad un'offerta troppo limitata della conoscenza. Regimi di appropriabilità troppo marcati, tuttavia, possono rallentare, se non impedire del tutto, il lavorio prolifico della cumulabilità della conoscenza. Il «trade-off» tra appropriazione e percolazione della conoscenza ha importanti implicazioni non solo a livello dell'impresa, ma anche e soprattutto per il sistema nel suo complesso.

Il concetto di fungibilità della conoscenza riveste un ruolo importante in questo contesto. È chiaro che maggiore è la fruibilità della conoscenza, e quindi la sua applicabilità e la capacità di ricombinazione di ciascuna singola unità di conoscenza, maggiori saranno i costi derivanti dall'esclusione. Le tecnologie di applicazione generale saranno più facilmente accessibili di quelle specifiche ad un singolo contesto. L'assegnazione dei diritti di proprietà intellettuale dovrebbe tenere conto dei costi sociali derivanti dall'esclusione da specifiche porzioni di conoscenza tecnologica, dell'ampiezza dell'applicabilità delle conoscenze protette e della loro importanza in relazioni a scoperte ulteriori. La definizione del campo della cumulabilità diventa la più rilevante. La modularità sembra pertinente anche in questo frangente, con la presenza di catene di complementarità e cumulabilità deboli e forti e di un molteplicità di moduli di conoscenza tecnologica. Gli effetti dell'interdipendenza delle diverse utilità possono essere tracciati in ben definite regioni, i cui confini sono segnati dall'effettiva estensione della complementarità e della cumulabilità della conoscenza (Antonelli, 2001).

L'identificazione di questi moduli, a sua volta, diventa importante da un punto di vista dell'impresa. Le esternalità di conoscenza provenienti dai loro progetti di ricerca e dalle loro competenze accumulate potrebbero essere più rilevanti di quelle provenienti da altre imprese. L'identificazione dei moduli tecnologici e delle mappe di conoscenza specifica in cui ogni agente è collocato è un importante strumento di regolazione da attivare, valorizzare ed infine internalizzare, con appropriate strategie.

L'acquisizione dei concetti di cumulabilità, fungibilità e complementarità della conoscenza tecnologica dal lato sia dell'offerta, sia dell'utilizzo e quindi della domanda – espressa o tacita che sia – rende possibile comprendere, in particolare a livello aggregato, le dinamiche dei rendimenti crescenti. Tanto più numerosi sono gli agenti che detengono rilevanti porzioni di conoscenza tra loro complementari, e tanto più sarà ampio l'output in termini di conoscenza tecnologica e quindi di benessere che un sistema può generare. Le esternalità sono il primo motore dei rendimenti crescenti. A loro volta, tali rendimenti crescenti possono essere circoscritti all'interno dei confini dei moduli tecnologici.

4. *Equilibri multipli, instabilità e gestione della conoscenza condivisa*

La relazione tra conoscenza interna ed esterna diventa un elemento chiave. Risulta subito evidente come la sostituibilità non sia possibile. Anche la complementarità illimitata tuttavia risulta inappropriata. Si può articolare l'ipotesi di una relazione moltiplicativa vincolata. Il rapporto tra la quantità di conoscenza interna rispetto a quella esterna è rilevante, se le imprese non possono utilizzare la conoscenza interna o quella esterna come singolo input per generare nuova conoscenza. Al contrario è necessario un appropriato rapporto tra le quantità di conoscenza interna ed esterna. Input esterni ed interni possono entrare a far parte di una funzione di produzione moltiplicativa vincolata. Sia sopra, sia sotto la soglia dell'appropriata combinazione degli input complementari, l'impresa non può raggiungere il massimo output.

La quantità di conoscenza generata da ciascuna impresa dipende dalla relazione moltiplicativa vincolata tra gli input di conoscenza esterna e interna. Tuttavia, per raggiungere l'output massimo di conoscenza producibile, quando sia data una certa quantità di conoscenza esterna disponibile, è necessaria una data quantità di conoscenza interna; e viceversa, con una data conoscenza interna è necessaria una precisa quantità di conoscenza esterna. A causa della complementarità tra la conoscenza interna ed esterna, specialmente se viene delineata in termini di relazione moltiplicativa vincolata, l'esito aggregato delle interazioni e delle transazioni di mercato è instabile e sensibile alle interazioni e alle decisioni soggettive. Quando entrambe le strutture di domanda e offerta sono influenzate dalle esternalità, esistono equilibri multipli (Marmolo, 1999).

L'ammontare di conoscenza che ogni impresa può generare dipende dalla quantità di conoscenza esterna disponibile, cioè la quantità di conoscenza che altre imprese, specialmente quando coinvolte in progetti di ricerca complementari, hanno prodotto e di cui non possono appropriarsi o che desiderano scambiare. L'ammontare di conoscenza esterna disponibile in ciascun dato momento per ogni spazio geografico e campo tecnologico dipende dalla quantità di conoscenza tecnologica generata e dalle condizioni di comunicazione tra i moduli di conoscenza tecnologica complementare.

Un altro passo lungo questo approccio analitico può essere compiuto con il pieno riconoscimento del carattere localizzato del cambiamento tecnologico e delle implicazioni derivanti dal ruolo chiave in questo contesto dei processi di apprendimento. Il concetto di cambiamento tecnologico localizzato infatti permette di sottolineare il ruolo della conoscenza come il prodotto dell'azione congiunta dell'attività economica e di quella produttiva. Gli agenti imparano come, quando, dove e cosa, anche e soprattutto, dalle loro esperienze accumulate nella routine quotidiana. L'introduzione di nuove tecnologie è fortemente condizionata dall'ammontare delle competenze e delle esperienze accumulate attraverso processi di apprendimento interni a procedure tecniche altamente specifiche e contestuali (Antonelli, 1999). Gli agenti, in questo approccio, possono generare nuova conoscenza solo in

quei campi ed in quegli ambiti in cui hanno accumulato sufficienti livelli di competenza ed esperienza. Ancora una volta bisogna assumere una stretta complementarità tra l'apprendimento, come input di conoscenza, ed altri input, sia interni, come i laboratori di R&S, sia esterni.

Si presenta adesso un caso molto interessante: nei mercati per la conoscenza, compaiono esternalità sia di domanda sia di offerta, così come produzioni congiunte, e fanno sentire i loro effetti. Dal lato dell'offerta, la quantità di conoscenza generata dipende dal comportamento innovativo degli agenti, così come dal livello produttivo generale del sistema economico per ciascun momento nel tempo e nel passato prossimo, per via del ruolo dell'apprendimento. Dal lato della domanda, com'è ben chiaro, le esternalità della rete che collega gli utenti della conoscenza esercitano un ruolo onnipresente. La posizione e l'inclinazione della curva della domanda dipende dalla posizione e dall'inclinazione della curva dell'offerta, e viceversa. Queste ultime a loro volta sono influenzate dalle condizioni a livello aggregato del sistema economico: i tassi di apprendimento dipendono dall'ammontare dell'output. Superfluo dire, tuttavia, che l'output aggregato è influenzato dall'ammontare di conoscenza tecnologica generata dal sistema, attraverso gli effetti sulla produttività totale dei fattori.

Ad ogni momento può essere trovata qualsiasi soluzione, ma tale soluzione non ha le caratteristiche standard di stabilità e replicabilità. Nei mercati della conoscenza tecnologica ciascun punto di equilibrio è imprevedibile. Piccoli shock, a livello aggregato come disaggregato, possono spingere il sistema ben lontano da qualsiasi previsione. Nessun tipo di forza potrebbe riportare il sistema ai livelli raggiunti in una fase precedente. Nel cuore del sistema-mercato, la produzione e la distribuzione della conoscenza tecnologica sono caratterizzate da equilibri multipli così come da riscontri retroattivi a livello micro e macroeconomico, e in quanto tali risultano sensibili a piccoli ed inattesi shock. Le politiche macroeconomiche o monetarie possono avere conseguenze di lunga durata quando, e se, influenzano l'offerta congiunta di esperienza e di competenza, avendo di conseguenza un impatto sull'offerta di conoscenza tecnologica. Anche la decisione strategica da parte delle imprese di aumentare la propria domanda o produzione di conoscenza tecnologica può avere effetti di lunga durata, cambiando i parametri del sistema. L'azione imprenditoriale, di conseguenza, potrebbe avere effetti diretti, a livello del sistema economico, cambiando le condizioni dell'equilibrio. Il risultato può essere sia un successo, sia un fallimento, a seconda degli esiti delle reazioni a catena che possono avere luogo.

Il sistema economico può restare intrappolato in un regime a bassa generazione di conoscenza, mentre altri potrebbero trovarsi in regimi ad alta generazione. La dipendenza dal sentiero intrapreso, a causa del ruolo dell'apprendimento e dell'interdipendenza, dispiega i propri potenti effetti. Eventi di lieve entità possono spingere il sistema ad oscillare da un regime all'altro, con conseguenze durevoli. In tale contesto l'elemento della coordinazione dinamica tra gli agenti e le istituzioni diventa ancora più importante per valutare l'esito complessivo di ciascuna singola azione.

5. *Conclusioni*

Un lungo processo ha avuto luogo, dai lontani giorni della conoscenza considerata come un bene pubblico. È stata elaborata una teoria dei processi di accumulazione della conoscenza in cui le condizioni di non-appropriabilità sembrano meno rilevanti. Le esternalità di rete giocano ora un ruolo molto più importante. Hanno luogo transazioni nei mercati della conoscenza, insieme ai sistemi delle interazioni tecnologiche basate sugli scambi e la reciprocità. Numerosi meccanismi di regolazione sono stati delineati ed implementati, o anche solo meglio compresi.

Alla fine tuttavia, il bisogno di una politica economica appare più pressante che mai. La regolazione dei mercati della conoscenza tecnologica non è sufficiente. Gli equilibri multipli e i riscontri micro e macro influenzano il lavoro delle transazioni e delle interazioni nei mercati delle conoscenze tecnologiche ed i loro effetti. La coordinazione dinamica degli agenti in questo contesto riveste un ruolo fondamentale.

L'annuncio credibile di grandi iniziative di lungo periodo e l'implementazione dei progetti di ricerche di grande respiro scientifico e temporale, basati sulla partecipazione pianificata e selezionata di una varietà di agenti in iniziative scientifiche e tecnologiche con diretti esiti economici e produttivi, dovrebbe avere gli stessi effetti positivi spesso sperimentati nelle spese militari e nelle avventure spaziali, anche quando applicate in attività di pace.

La gestione della conoscenza comune richiede di essere implementata a livello di politica economica.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alchian, A., Demsetz, H. (1973), The property rights paradigm, *Journal of Economic History* 33, 16-27.

Antonelli, C. (1999), *The microdynamics of technological change*, Routledge, London.

Antonelli, C. (2001), *The microeconomics of technological systems*, Oxford University Press, Oxford.

Cooper, D.P. (2001), Innovation and reciprocal externalities: Information transmission via job mobility, *Journal of Economic Behavior and Organization* 45, 403-425.

David, P.A. (1997), From market magic to calypso science policy. A review of Terence Kealey's 'The economic laws of scientific research', *Research Policy* 26, 229-255.

Marmolo, E. (1999), A constitutional theory of public goods, *Journal of Economic Behavior and Organization* 38, 27-42.

Nelson, R.R., Sampat, B.N. (2001), Making sense of institutions as a factor shaping economic performance, *Journal of Economic Behavior and Organization* 44, 31-54.

Swann, G.M.P. (2002), *When is public finance preferable to attainable club good solutions?*, in Geuna, A., Salter, A. and Steinmueller, W.E. (eds.) *Science and innovation. Rethinking the rationales for funding and governance*, Elgar, Aldershot.

Teece, D.J. (2000), *Managing intellectual capital*, Oxford University Press, Oxford.