QUADERNI

Università degli Studi di Siena
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA POLITICA

PIERCARLO ZANCHETTIN

# Competizione, innovazione tecnologica e crescita

n. 327 - Settembre 2001

**Abstract -** Contrariamente al classico argomento shumpeteriano a favore delle rendite temporanee di monopolio, recenti lavori teorici evidenziano la possibilità che una maggiore intensità competitiva del mercato di impiego delle innovazioni stimoli la crescita. Nella prima parte di questo lavoro forniamo una breve rassegna di questa letteratura, evidenziando come, rispetto al modello neo-shumpeteriano standard di crescita endogena, l'intensità ed il grado di apertura della concorrenza tecnologica risultino drasticamente ridotte. Di seguito presentiamo un modello che conserva il grado di apertura delle gare per l'innovazione del modello standard e sfrutta l'ipotesi di innovazioni "non-drastiche" per formalizzare il mercato di impiego delle innovazioni secondo due modelli alternativi di interazione oligopolistica: competizione alla Bertrand e competizione alla Cournot. Il risultato fondamentale che otteniamo vede il processo innovativo e la crescita più intensi nel caso di competizione alla Cournot. Allte origine del risultato, accanto al tradizionale effetto statico di "appropriabilità", opera il seguente effetto dinamico: l'assetto più "collusivo" della competizione alla Cournot consente la sopravvivenza sul mercato di imprese meno efficienti (innovatori di generazione precedente); ciò incrementa il valore atteso di ciascuna innovazione nel processo di competizione tecnologica, l'investimento in R&D ed il tasso di crescita.

***JEL Classification**:* D90, L16, O40

## Introduzione

La moderna teoria della crescita individua nel progresso tecnico trainato dagli incentivi privati all'innovazione il motore dei processi di crescita delle economie avanzate. La capacità dell'ambiente economico ed istituzionale di sostenere gli incentivi all'innovazione e di promuovere lo sviluppo e l'adozione delle nuove tecnologie assume, quindi, una posizione centrale sia nella riflessione teorica che nell'analisi empirica.

Insieme alle caratteristiche del sistema di protezione dei diritti di proprietà intellettuale, la letteratura recente si è concentrata sulla relazione tra il grado di concorrenzialità dei sistemi economici, da un lato, l'intensità dell'attività innovativa e della crescita, dall'altro.

In particolare, contrariamente all'argomento classico a favore delle posizioni (temporanee) di monopolio come condizione per la copertura dei costi di Ricerca e Sviluppo delle imprese innovative, recenti lavori teorici[1] interni al filone neo-shumpeteriano evidenziano la possibilità che una maggiore "intensità" competitiva del mercato di impiego delle innovazioni stimoli l'innovazione e la crescita.

Nella prima parte di questo lavoro forniamo una breve rassegna di questa letteratura, cercando di leggere e di interpretare la natura degli effetti che generano il risultato alla luce delle variazioni che tali modelli apportano al modello neo-shumpeteriano "standard".

In particolare, concentreremo l'attenzione sulla relazione tra il grado di "apertura" della competizione tecnologica per l'innovazione ed il grado di concorrenzialità del mercato di impiego dell'innovazione, arrivando ad individuare nella riduzione del primo la caratteristica comune che "sostiene", nei diversi filoni della letteratura in esame, il risultato "favorevole" al secondo.

Nella seconda parte presenteremo un modello che, conservando il grado di apertura delle gare competitive per l'innovazione del modello "standard", formalizza esplicitamente il mercato di impego delle innovazione secondo due modelli alternativi di interazione oligopolistica: concorrenza di prezzo alla Bertand e competizione sulle quantità alla Cournot.

Le motivazioni sostanziali del modello sono due. In primo luogo, il modello "standard" non confronta in modo esplicito forme alternative di competizione, ed il *trade-off* tra competizione e

[1] L'attenzione dei lavori teorici su un possibile nesso positivo tra competizione e crescita è stata, per altro, stimolata da una letteratura empirica che sembra indicare l'esistenza di un legame positivo tra competitività del mercato del prodotto e crescita della produttività a livello di impresa o di settore industriale (*Nickell (1996); Blundell-Griffiths-Van Reenen (1995)*).

crescita viene rilevato immaginando una riduzione dei profitti dell'unica impresa attiva sul mercato in ciascuno stadio del processo innovativo (l'ultimo innovatore di successo). La riduzione dei profitti di monopolio viene, a sua volta, "generata" attraverso un esercizio di statica comparata sull'elasticità della domanda dei beni innovativi. Di contro, il modello che presentiamo sfrutta l'ipotesi di innovazioni non-drastiche per creare lo spazio alla competizione oligopolistica tra diverse generazioni di innovatori, e, su questa base, confronta gli effetti di forme alternative di competizione sugli incentivi all'innovazione e, quindi, sulla crescita.

La seconda motivazione consiste nel tentativo di inquadrare meglio la struttura degli incentivi ad innovare in funzione sia dell'assetto competitivo del mercato di impiego delle innovazioni che dell'intensità della concorrenza tecnologica tra le imprese innovative. Ciò si ricollega strettamente alla chiave di lettura, più sopra richiamata, dei risultati ottenuti dalla letteratura rivista nella prima parte del lavoro.

Il risultato fondamentale che otteniamo vede il processo innovativo più intenso nel caso di competizione alla Cournot. Dunque, se si interpreta quest'ultima come un assetto più "collusivo" rispetto alla concorrenza di prezzo alla Bertrand, tale risultato tende a confermare il *trade-off* shumpeteriano classico tra competizione e crescita. All'origine del risultato, accanto all'effetto negativo di "appropriabilità" associato alla concorrenza di prezzo (riduzione dei profitti dell'innovatore di successo nel suo periodo di ledership tecnologica), opera un altro effetto assente nell'argomentazione del modello "standard": l'assetto più "collusivo" della competizione alla Cournot consente la sopravvivenza sul mercato di imprese meno efficienti (innovatori di generazioni precedenti); ciò incrementa il valore atteso di ciascuna innovazione nella competizione tecnologica e, quindi, gli incentivi all'investimento in R&D e la crescita.

## Prima parte

## Competizione e crescita: una breve rassegna della letteratura

### Modello "Standard"

Nel modello neo-shumpeteriano "standard" (*Aghion-Howitt (1992); Caballero-Jaffe (1993); Grossmann-Helpman (1991)*) la crescita è trainata dal progresso tecnico e quest'ultimo consiste in una catena di innovazioni "verticali" (di prodotto o di processo). Ciascuna innovazione introduce un incremento di ampiezza costante nella qualità (o un decremento nel costo di produzione) di un bene (intermedio o finale), ed è condizione necessaria per ottenere l'innovazione successiva (processo innovativo cumulativo). Le innovazioni risultano dall'attività di ricerca degli operatori privati (investimento in *R&D*) e la loro ampiezza è tale da garantire all'innovatore di successo un vantaggio di mercato assoluto (innovazioni drastiche).

Per fissare le idee, possiamo immaginare il processo innovativo come un progressivo e costante incremento nella produttività di un bene intermedio che viene impiegato nella produzione di un bene finale. Le diverse generazioni del bene intermedio differiscono unicamente per la quantità di identici servizi produttivi che incorporano (perfetti sostituti "a meno della qualità"), ed ogni nuova innovazione assicura all'innovatore di successo un vantaggio competitivo sufficiente a monopolizzare il mercato del bene intermedio.

La protezione dei diritti di proprietà intellettuale sulle invenzioni è affidata al sistema dei brevetti, accolto generalmente in una versione alquanto semplificata: le innovazioni sono sempre brevettabili, e quindi vi è completa ed istantanea rivelazione della nuova conoscenza in esse incorporata; ogni brevetto ha durata infinita, garantisce una copertura completa dalle imitazioni ma non offre all'innovatore corrente alcuna protezione rispetto all'intervento delle innovazioni successive. [2]

L'attività di ricerca ed il processo di competizione tecnologica (settore di *R&D*) sono formalizzate secondo il modello "standard" delle gare per l'innovazione (*patent race model*): la tecnologia di *R&D*, stocastica, collega l'investimento in ricerca alla probabilità di successo per unità di tempo (*hazard rate*) secondo una funzione crescente; vi è libero ingresso nelle gare per l'innovazione ed il gioco di *R&D* è simultaneo, senza vantaggi informativi o di costo. Dunque, in assenza di imperfezioni sul mercato dei capitali, chiunque è in grado puntare ad innovare la tecnologia più avanzata.

In tale contesto, il processo di innovazione e crescita fornito dal modello può essere descritto nel modo seguente :

- in ogni stadio del processo innovativo l'innovatore di successo sfrutta il vantaggio competitivo e monopolizza il mercato di impiego dell'innovazione;
- in equilibrio solo gli *outsiders* investono in *R&D* e vincono le gare per l'innovazione (*leapfrogging* della *leadership* tecnologica ad ogni passo innovativo).

L'ipotesi di massima concorrenzialità nelle gare per l'innovazione sostiene il processo di distruzione creativa delle posizioni di monopolio che alimenta la crescita.

In tale contesto, infatti, gli incentivi ad innovare del *leader* tecnologico corrente (monopolista sul mercato di impiego delle innovazioni) sono inferiori agli incentivi degli *outsiders*.

[2] Per un'analisi più articolata del sistema dei brevetti in un modello di crescita basato sulle innovazioni di qualità si veda O'Donougue-Zweimuller (1998).

Assenti vantaggi di costo e di "prima mossa" nella gara per le innovazioni, l'incentivo ad innovare del *leader* tecnologico è collegato alla sola prospettiva di incrementare i profitti di monopolio sfruttando una tecnologia più efficiente, mentre gli incentivi degli *ousiders* sono alimentati dalla prospettiva di conquistare il monopolio sul mercato di impiego delle innovazioni.

Tale differenziale di incentivi (noto come "effetto replacement" di Arrow (1962)) implica, da un lato, che siano gli *ousiders* a vincere la competizione per l'innovazione in ogni fase del processo innovativo, conquistando la *leadership* tecnologica ed i profitti di monopolio sul mercato di impiego delle innovazioni; dall'altro, che il processo innovativo risulti alimentato dall'assetto concorrenziale delle gare per l'innovazione.

Al contrario, una diminuzione dei profitti di monopolio (premio nelle gare per l'innovazione) diminuisce gli incentivi ad innovare, l'investimento aggregato in *R&D* e la crescita (effetto di *"appropriabilità"*).

Il *trade-off* shumpeteriano tra competitività del mercato di impiego dell'innovazione e crescita viene rilevato, nel modello "standard", immaginando una diminuzione dei profitti di monopolio.

Analogamente, nelle varianti del modello "standard" che assumono innovazioni di ampiezza minore (non-drastiche), il mercato di impiego dell'innovazione viene strutturato secondo il modello della competizione di prezzo nell'offerta di beni differenziati nella qualità (differenziazione verticale); in equilibrio il *leader* tecnologico (ultimo innovatore) esclude dal mercato i rivali (equilibrio di "prezzo limite"), ed ottiene un profitto unitario pari al differenziale di qualità. [3]

In entrambi i casi il *test* sul grado di competitività del mercato di impiego delle innovazioni passa attraverso l'ipotesi di un diverso livello dei profitti di equilibrio dell'unica impresa attiva sul mercato, e si risolve, dunque, in un esercizio di statica comparata sul diverso grado di elasticità della domanda.

<u>Versione Multisettoriale del Modello "Standard"</u>

Nelle versioni multisettoriali del modello standard (ad esempio, *Caballero-Jaffe (1993), Aghion-Howitt (1998)*) le innovazioni tecnologiche intervengono su un *continuum* esogeno di beni intermedi, impiegati nella produzione del bene finale secondo una funzione di produzione ad elasticità marginale di sostituzione costante.

[3] In modo del tutto analogo, se l'innovazione è di "processo" il mercato di impiego dell'innovazione è formalizzato secondo il modello della competizione di prezzo tra imprese con un diverso grado di efficienza, ed il profitto unitario dell'ultimo innovatore nell'equilibrio di "prezzo limite" risulta pari al differenziale di costo medio rispetto al rivale più efficiente (penultimo innovatore).

L'attività di *R&D* ed il processo innovativo comportano *spillovers* intersettoriali: ogni scoperta può essere direttamente impiegata solo nel settore scelto dall'innovatore, ma consente ad innovatori successivi di scoprire tecnologie "leggermente" migliori in altri settori. Ogni innovatore di successo (*outsider*) diviene monopolista locale nel mercato della varietà di bene intermedio sulla quale ha apportato l'innovazione.

Anche in tale contesto, un incremento nel "parametro di competitività" del mercato di impiego delle innovazioni (elasticità di sostituzione tra le diverse varietà del bene intermedio nella funzione di produzione del bene finale) diminuisce l'investimento d'equilibrio in *R&D* e la crescita. Il risultato deriva dalla composizione di tre effetti:

- l'effetto (negativo) di *appropriabilità* collegato, come nel caso unisettoriale, alla diminuzione del profitto di monopolio "atteso" dai potenziali innovatori sul mercato del bene intermedio oggetto della gara competitiva per l'innovazione;
- un effetto (positivo) di *produttività* (o *efficienza*), che deriva dalla maggiore capacità dell'impresa innovativa di sfruttare (intersettorialmente) il suo vantaggio di produttività (efficienza) quando i beni intermedi sono sostituti più stretti nella produzione del bene finale (ovvero, nell'interpretazione fornita dagli autori, quando l'impresa innovatrice è in grado di competere "più liberamente");
- un "ulteriore"[4] effetto di *obsolescenza* (negativo) che opera attraverso lo stesso canale dell'effetto di efficienza: se i beni intermedi sono sostituti più stretti si rafforza l'impatto negativo che una nuova innovazione in un settore esercita sui profitti del monopolista locale in un altro settore, e quindi l'incentivo ad innovare in quest'ultimo.

In questi modelli, l'effetto di *produttività* opera nella direzione di un legame positivo tra "competizione" e crescita. Tuttavia tale effetto risulta sempre dominato dalla combinazione dei due effetti che operano nella direzione opposta, l'effetto di *appropriabilità* e l'effetto *di obsolescenza*.

Modelli con Costi d'Agenzia

Questa classe di modelli (*Aghion, Dewatripont, Rey,* (*1997*) e (1999)) innesta sulla struttura del modello multisettoriale standard due variazioni fondamentali.

La prima consiste nel rendere deterministica la tecnologia di *R&D* al livello delle imprese innovative. Queste ultime, infatti, adottano le innovazioni tecnologiche pagando un costo fisso di adozione (*sunk cost*) invece di investire in una tecnologia di ricerca soggetta a rischio. Tale

[4] "Ulteriore" rispetto all'effetto "obsolescenza" che caratterizza i modelli neo-schumpeteriani: gli innovatori successivi interrompono il flusso dei profitti dell'innovatore "corrente" sostituendosi a quest'ultimo nella posizione di monopolista sul mercato di impiego delle innovazioni

modifica può sottendere sia l'ipotesi che ciascuna impresa assuma un *continuum* di ricercatori la cui attività è soggetta a rischi incorrelati, sia la semplice ipotesi che le imprese adottino nuove tecnologie già esistenti. In ogni caso il grado di apertura e concorrenzialità delle gare per l'innovazione che caratterizza il modello standard si perde e lascia il posto ad un processo di adozione delle nuove tecnologie che consente di indebolire l'effetto delle nuove innovazioni sulla posizione di mercato occupata dagli "innovatori precedenti".

La seconda variazione consiste nell'introdurre costi di agenzia nel processo decisionale delle imprese innovative. La separazione tra proprietà e controllo lascia ai *managers* la decisione di adozione delle innovazioni tecnologiche. Questi ultimi decidono in base alle proprie preferenze, orientate positivamente rispetto ai benefici privati associati al controllo dell'impresa, negativamente rispetto ai costi privati connessi all'adozione delle nuove tecnologie (costi di *training* o costi non monetari di riorganizzazione dell'impresa).

Inoltre, la presenza di costi operativi fissi, insieme al graduale declino dei profitti in funzione del ritardo di adozione delle nuove tecnologie (effetto di obsolescenza), implica che l'impresa possa eventualmente fallire se la decisione di adozione viene ritardata eccessivamente.

Ora, se si assumono preferenze lessicografiche per i *managers*, la decisione di adozione delle innovazioni verrà da questi rimandata fino all'istante critico che precede il fallimento dell'impresa. Più in generale, anche con ipotesi meno estreme sulle preferenze, l'impresa manageriale ritarderà l'adozione delle nuove tecnologie rispetto ad un impresa che massimizza i profitti.

D'altro canto, il ritmo del progresso tecnologico e, con esso, il tasso di crescita dell'economia sono funzioni decrescenti del ritardo medio di adozione delle nuove tecnologie.

In tale contesto, un incremento del "parametro di competitività" del mercato del bene intermedio (elasticità di sostituzione) "disciplina" il comportamento dei *managers* e favorisce la crescita. Infatti, poichè il flusso temporale dei profitti diminuisce, si anticipa l'istante critico di fallimento dell'impresa, e, con esso, l'adozione delle innovazioni tecnologiche da parte dei *manager*.

Dunque, una maggiore competizione sul mercato di impiego dell'innovazione, diminuendo le risorse a disposizione dei *managers* (*free-cash flow*), rende più stringente il vincolo che ne condiziona il comportamento (rischio di bancarotta e perdita dei benefici associati al controllo) e li forza ad adottare in anticipo le nuove tecnologie.

E' utile sottolineare come l'immagine del processo innovativo fornita da questi modelli sia distante dall'idea di un processo trainato dalla competizione tecnologica tra imprese che caratterizza il modello standard: all’attività (rischiosa) di ricerca, stimolata dalla prospettiva di acquisire vantaggi strategici nei confronti dei concorrenti in gara per l’innovazione, si sostituisce un processo di adozione delle nuove tecnologie “forzato” dalla minaccia di accumulare un *gap* di efficienza tale da condurre l’impresa al fallimento. In altri termini, l’effetto positivo sulla crescita di una maggiore pressione competitiva sul mercato del bene intermedio è ottenuta riducendo drasticamente l’intensità della competizione tecnologica.

Concludiamo indicando le implicazioni di questi modelli sul versante della politica economica. Immaginiamone due versioni, una “popolata” da imprese manageriali ed una con imprese che massimizzano i profitti.

Gli effetti sul tasso di crescita della politica industriale per l’innovazione (sussidi o incentivi diretti all’investimento nelle nuove tecnologie) e della politica “antitrust” sono di segno esattamente opposto nei due casi: nella versione con imprese che massimizzano i profitti, le politiche per la concorrenza diminuiscono gli incentivi all’innovazione, mentre i sussidi diretti all’investimento in R&D sostengono l’attività innovativa e la crescita; nella versione con imprese manageriali i sussidi e trasferimenti alle imprese tendono ad allentare il vincolo (minaccia di fallimento) che induce i manager ad adottare le innovazioni, mentre le politiche antitrust tendono a rafforzarlo.

Modelli con Ricerca *e* Sviluppo

La caratteristica fondamentale di questi modelli (*Aghion-Howitt (1996)*, *(1998))* consiste nella separazione dell’attività di ricerca dall’attività di sviluppo delle nuove tecnologie: la prima è orientata alla scoperta di nuovi paradigmi tecnologici (*Multi-Purpose-Technologies*), la seconda allo sviluppo ed all’applicazione economica delle nuove invenzioni.

Il lavoro qualificato è mobile tra i due settori e, nell’attività di sviluppo, tra le linee di prodotto collegate alle scoperte scientifiche di diversa generazione. Il grado di mobilità del lavoro qualificato, sia all’interno del *settore-sviluppo* che tra questo ed il *settore-ricerca*, dipende dal grado di specificità dell’investimento (in formazione e qualificazione) necessario a svolgere l’attività di sviluppo di una particolare linea tecnologica.

Di seguito, maggiore è il grado di mobilità dei *developers* tra le diverse linee di prodotto, maggiore è la velocità con cui il sistema economico impiega i nuovi paradigmi tecnologici; ciò rafforza l’incentivo ad investire nell’attività di ricerca, il ritmo del progresso tecnico e la crescita.

L’effetto sulla crescita dell’intensità competitiva del mercato di impiego delle innovazioni viene, di nuovo, rilevato immaginando una maggiore sostituibilità (elasticità della domanda) tra le diverse linee di prodotto. Quest’ultima rafforza gli incentivi ad investire in attività meno specifiche (in particolare, la ricerca) ed aumenta il grado di mobilità del lavoro qualificato tra le diverse linee di prodotto.

Anche per i modelli in esame il processo innovativo si allontana dall'idea della competizione tecnologica tra imprese per acquisire vantaggi strategici, ponendosi al centro dell'attenzione il grado complessivo di flessibilità del sistema economico nel processo di adozione delle nuove tecnologie. Quest'ultimo stimola l'attività di ricerca ed il ritmo del progresso tecnico, e dipende dalla capacità del sistema economico-istituzionale di fornire un adeguato sistema di incentivi privati favorevoli ad una minore specificità delle attività innovative e, quindi, alla mobilità (minori costi e maggiori capacità di riconversione delle attività qualificate).

Modelli con Conoscenza Tacita (accumulazione "interna" della conoscenza)

Nel modello "standard" la nuova conoscenza contenuta nelle innovazioni tecnologiche diviene immediatamente pubblica. Da un lato, infatti, si suppone che essa sia perfettamente codificabile ed utilizzabile, senza costi addizionali rispetto all'innovatore "corrente", dagli innovatori potenziali in gara per le innovazioni successive. Dall'altro il sistema di protezione dei diritti di proprietà intellettuale basato sui brevetti comporta verificabilità, pubblicità e "dischiusione" delle informazioni contenute nelle nuove tecnologie.

Di contro, la caratteristica distintiva dei modelli in esame è che la nuova conoscenza non diviene immediatamente pubblica, ma rimane, in misura essenziale, all'interno delle imprese innovative. Tale caratteristica del processo innovativo rimanda, a sua volta, all'idea che le innovazioni tecnologiche in parte contengano conoscenza tacita, immediatamente utilizzabile solo dall'innovatore che le ha ottenute, e che il sistema di protezione dei diritti di proprietà intellettuale si articoli più sul segreto commerciale che sulla protezione legale offerta dai brevetti.

Ovviamente il "setting" del processo innovativo di questi modelli indebolisce il grado di apertura della concorrenza tecnologica che caratterizza il modello standard ("*free-entry patent races*" senza vantaggi informativi e di costo da parte del leader tecnologico corrente). D'altro canto, questi modelli conservano l'immagine della competizione tecnologica come comportamento finalizzato ad ottenere vantaggi strategici sul mercato di impiego dell'innovazione, e sono gli unici a fondare l'analisi degli effetti di una maggiore concorrenzialità di tale mercato sulla crescita confrontando in modo esplicito modelli differenti di competizione.

Presenteremo due diversi gruppi di modelli basati sull'accumulazione interna di conoscenza: il gruppo di modelli "step-by-step" (*Aghion-Harris-Vickers (1997)*, *Aghion-Harris-Howitt-Vickers*

*(2000), Aghion-Blundell-Bloom-Griffiths (2001)*); il gruppo di modelli "varità-qualità" (*Smulders-Van de Klundert (1995), Van de Klundert-Smulders (1997)*).

I modelli *step-by step* sono modelli multisettoriali con innovazioni sul costo di produzione dei beni intermedi. In ogni settore vi sono due imprese (*leader* tecnologico corrente e *follower* tecnologico corrente) in competizione sul mercato della loro "varietà" di bene intermedio e, quindi, in competizione tecnologica per ottenere le innovazioni relative a tale varietà.

Il *leader* tecnologico dispone della conoscenza tacita incorporata nella tecnologia più avanzata, ed il *follower* tecnologico deve investire in R&D per colmare il *gap* di conoscenza che lo separa dal *leader* prima di essere in grado di puntare ad innovare la tecnologia più avanzata.

Dunque in ogni settore le gare per l'innovazione sono ristrette alle due imprese attive sul mercato, e la loro competizione tecnologica, finalizzata ad ottenere vantaggi di efficienza sull'avversario, descrive un processo gradualistico di "rincorsa a passi".

Il mercato di impiego delle innovazioni è formalizzato come un duopolio differenziato nei costi, ed il *test* di concorrenzialtà prevede sia il confronto tra diversi modelli di interazione strategica (competizione alla Cournot *vs* competizione alla Bertrand), sia il ragionamento usuale sull'elasticità della domanda (elasticità di sostituzione tra i beni intermedi nella funzione di produzione del bene finale).

In tale contesto gli autori dimostrano che una maggiore competitività del mercato di impiego dell'innovazione:

- rafforza gli incentivi ad innovare (investimento in *R&D*) di entrambe le imprese quando queste si trovano "testa a testa" nella competizione tecnologica (effetto di "*fuga dalla competizione*" sul mercato di impiego dell'innovazione);
- tende ad indebolire gli incentivi ad innovare (in particolare, del *follower* tecnologico) nel caso in cui le due imprese si trovino distanziate nella rincorsa tecnologica (effetto "classico" di *appropriabilità*)
- diminuisce la frequenza d'equilibrio dei settori in cui le imprese si trovano "testa a testa" nella competizione tecnologica (effetto di "composizione" che opera nella direzione di un minore tasso di crescita, per via dei due effetti precedenti).

L'intuizione dei primi due effetti si basa sulla diversa natura degli incentivi ad investire nei due casi. Quando le imprese sono "testa a testa", gli incentivi ad innovare risentono meno dell'effetto profitti (differenza tra i profitti attesi dall'innovazione e profitti correnti) e maggiormente della minaccia competitiva esercitata dal rivale (differenza tra i profitti di chi vince e i profitti di chi perde la gara), ed un maggior grado di competitività rafforza il secondo effetto. Al contrario, quando i rivali sono distanziati la natura degli incentivi riflette maggiormente l'effetto profitti, il quale risulta indebolito da un maggior grado di competizione.

Il meccanismo di "fuga dalla competizione" rende indeterminato l'effetto aggregato di una competizione più intensa in ogni settore dell'economia[5] sul ritmo del progresso tecnico e sulla crescita.

Infatti, nei settori in cui le due imprese sono "testa a testa", il processo innovativo accelera, mentre rallenta nei settori in cui le imprese sono distanziate.

L'effetto aggregato (di *steady-state*) dipende dalla frequenza di equilibrio di questi due stati nei settori dell'economia, la quale deve rispettare una condizione stabilità dei flussi in entrata ed in uscita tra gli stati. Quest'ultima dipende, a sua volta, dall'intensità degli incentivi ad innovare per uscire dallo "stato di partenza", e quindi, di nuovo, dall'intensità della concorrenza.

Gli autori dimostrano che la relazione tra tasso aggregato di crescita e variazione dell'intensità della competizione dipende dal livello iniziale di competitività dei mercati: se il livello di partenza è basso, prevale l'effetto (positivo) di fuga dalla competizione sull'effetto (negativo) di composizione, mentre per elevati livelli iniziali prevale l'effetto di composizione.

L'effetto di *fuga dalla competizione* è il risultato fondamentale che consente ai modelli *step-by-step* di prevedere la possibilità che una maggiore intensità della concorrenza sul mercato dei beni innovativi eserciti un effetto positivo sulla crescita.

Per chiarirne il funzionamento possiamo ricorrere ad un esempio.

Supponiamo che la conoscenza tacita del *leader* tecnologico (ovvero, il segreto commerciale sulla tecnologia più avanzata) possa rimanere tale rispetto ad un solo passo innovativo di vantaggio sul rivale, vale a dire che la massima distanza tra *leader* e *follower* nei settori in cui le due imprese sono distanziate sia pari ad un passo innovativo.

Assumiamo, inoltre, che le innovazioni siano drastiche, e, quindi, acquisire il vantaggio tecnologico consente all'impresa *leader* di monopolizzare il mercato.

Confrontiamo, quindi, la struttura degli incentivi ad innovare nel caso in cui imprese "testa a testa" nella gara tecnologica competono alla Cournot e con quella relativa al caso in cui esse competono alla Bertrand sul mercato di impiego dell'innovazione.

La tabella seguente descrive, nelle due forme di competizione, la situazione sul mercato di impiego dell'innovazione quando le imprese sono distanziate e quando sono "testa a testa" nella competizione tecnologica.

[5] Associata, ad esempio, ad una più rigida politica antitrust o ad una minore protezione offerta dal sistema dei brevetti.

| | Bertrand | Cournot |
|---|---|---|
| "testa a testa" | $\pi_1 = \pi_2 = 0$ | $\pi_1 = \pi_2 = \pi^C > 0$ |
| distanziate | $\pi_{TL} = \pi^M$ ; $\pi_{TF} = 0$ | $\pi_{TL} = \pi^M$ ; $\pi_{TF} = 0$ |

Se le imprese sono "testa a testa" (e quindi sono identiche) la competizione alla Bertrand annulla i profitti di entrambe, mentre nell'equilibrio di Cournot (simmetrico) entrambe ottengono gli stessi profitti positivi. Se le imprese sono distanziate, il *leader* tecnologico ottiene i profitti di monopolio, il *follower* profitti nulli.

Quando le imprese sono "*testa a testa*" , il confronto tra gli incentivi all'innovazione nelle due forme di competizione può essere sintetizzato nel modo seguente:

| | | |
|---|---|---|
| Bertrand | $\pi^M$ - 0 | per entrambe le imprese |
| Cournot | $\pi^M$ - $\pi^C$ | per entrambe le imprese |

In parole, il vantaggio differenziale ad acquisire la *leadership* tecnologica nel caso di competizione alla Bertrand è pari all'intero profitto di monopolio, nel caso di competizione alla Cournot è pari alla differenza tra il profitto di monopolio e quello, positivo, che si ottiene nello stato di partenza ("testa a testa"). Dunque gli incentivi all'innovazione sono più forti nel primo caso.

Quando le imprese sono distanziate, di contro, gli incentivi ad innovare del *follower* tecnologico (FT) sono più deboli nel caso di competizione alla Bertrand. In tal caso, infatti, il vantaggio a colmare il gap tecnologico è nullo, mentre nel caso di competizione alla Cournot risulta pari ai profitti (positivi) che ne caratterizzano l'equilibrio nello stato di arrivo ("testa a testa"):

| | | |
|---|---|---|
| Bertrand | TL = ? | TF = 0 |
| Cournot | TL = ? | TF = $\pi^C$ |

Per quanto riguarda gli incentivi ad innovare del leader tecnologico (LT) non è possibile arrivare a conclusioni certe senza specificare le regole del gioco di *R&D* tra le due imprese. Se guardiamo solo all' incentivo "*stand-alone*", nel nostro esempio il *leader* tecnologico non ha motivo di investire in *R&D* dato che dispone già del monopolio del mercato.[6] D'altro canto

[6] In un caso meno estremo in cui le innovazioni non siano drastiche ed i vantaggi competitivi si accumulino in modo più continuo in funzione del numero di passi innovativi consecutivi ottenuti da un'impresa, gli incentivi "*stand-alone*" del

l'incentivo ad innovare del *leader* aumenta con il suo grado di "internalizzazione" della minaccia competitiva costituita dalla rincorsa tecnologica del *follower*.

L'altro gruppo di modelli che assume accumulazione interna alle imprese della conoscenza incorporata nelle nuove tecnologie si basa sulla endogeneità sia della qualità che della varietà dei beni innovativi (*modelli qualità-varietà*).

Più precisamente, le innovazioni tecnologiche intervengono sulla qualità (innovazioni verticali) dei beni, mentre la varietà è determinata, in equilibrio, dal grado di concorrenzialità del mercato di impiego delle innovazioni.

Le imprese innovative sopportano costi fissi di *R&D* che devono coprire con i profitti operativi, ed offrono i prodotti innovativi in un mercato in concorrenza imperfetta.

Il numero delle imprese (varietà dei beni innovativi), il grado di concentrazione del mercato di impiego delle innovazioni e l'investimento d'equilibrio in *R&D* sono determinati secondo linee analoghe a quelle del modello "a due stadi" di *Sutton (1991)*: nel primo stadio del gioco le imprese decidono la strategia innovativa (investimento "strategico" in *R&D*) e se entrare o meno sul mercato; nel secondo competono sul mercato di impiego dell'innovazione, formalizzato secondo modelli alternativi di competizione oligopolistica.

In tale contesto, un maggior grado di competitività sul mercato dei beni innovativi diminuisce i margini di profitto (a parità di concentrazione del mercato) e ciò, a sua volta, riduce il numero delle imprese e la gamma di varietà dei beni innovativi d'equilibrio (*free-entry condition*). D'altro canto, aumentano le quote di mercato di ciascuna impresa (varietà) attiva sul mercato. Ciò induce un effetto positivo sugli incentivi ad innovare verticalmente la qualità dei beni innovativi poichè il vantaggio competitivo associato a ciascuna innovazione può essere sfruttato su un mercato più ampio. In altri termini, l'investimento strategico in *R&D* prospetta un vantaggio relativo di efficienza nei confronti di imprese con quote di mercato più elevate, e, quindi, una più elevata prospettiva di profitto.

*leader* tecnologico continueranno a dipendere dal massimo vantaggio accumulabile senza *spillover* dell'informazione privata. Se continuamo ad immaginare che il massimo vantaggio si pari ad un passo innovativo, il *leader* tecnologico continua da non avere incentivi "*stand-alone"* ad innovare.

## Seconda parte

## Innovazioni quasi-drastiche, competizione oligopolistica e crescita

Come si è osservato nella prima parte del lavoro, nel modello neo-shumpeteriano "standard" in ogni stadio del processo innovativo vi è una sola impresa attiva sul mercato di impiego delle innovazioni (monopolio se le innovazioni sono drastiche, equilibrio di prezzo limite nel caso di innovazioni non-drastiche), ed il *test* sul grado di "competitività" del mercato si risolve in un esercizio di statica comparata sul diverso grado di elasticità della domanda.

Tale modo di procedere si presta a due obiezioni fondamentali. In primo luogo, l'elasticità della domanda è un parametro strutturale del modello (preferenze o tecnologia) che ne condiziona l'intera soluzione; dunque se l'oggetto del confronto è l'effetto sulla crescita del grado di concorrenzialità del mercato di impiego dell'innovazione, il confronto risulta "spurio", specie se interpretato in chiave normativa. In secondo luogo, l'intensità della competizione è, intuitivamente, collegata all'elasticità della domanda se vi sono più imprese attive che competono sul mercato.

Tali considerazioni spingono nella direzione di tentare di inserire all'interno del modello "standard" variazioni "minime" in grado di consentire una formalizzazione del mercato di impiego secondo modelli diversi di competizione tra le imprese (innovatori), ed in tale contesto affrontare in modo esplicito il confronto tra gradi (e modelli) di competizione su tale mercato, da un lato, incentivi all'innovazione e crescita, dall'altro.

Nelle sezioni successive presenteremo un modello che tenta di muoversi in tale direzione. In particolare, faremo uso dell'ipotesi di innovazioni "non-drastiche" per creare lo spazio sul mercato alla concorrenza tra imprese con un diverso grado di efficienza (gli innovatori in stadi diversi del processo innovativo) e, su tale base, confronteremo gli effetti sugli incentivi all'innovazione di due forme alternative di competizione sul mercato: concorrenza alla Bertrand e concorrenza alla Cournot.

### 1. Descrizione del Modello

Utilizzeremo una versione semplificata (unisettoriale) del modello di *Barro-Sala-I-Martin (1995 cap.7)*, con innovazioni di qualità di un bene intermedio impiegato, insieme al lavoro, nella produzione di un bene finale.

Insieme all'ipotesi di un solo bene intermedio, faremo uso di altre semplificazioni ed omissioni rispetto al modello di riferimento, dettate dall'obiettivo di concentrare l'attenzione sulla struttura competitiva del mercato di impiego dell'innovazione. Di conseguenza, resteranno in ombra alcuni aspetti di "equilibrio generale" presenti nel modello generale. E' forse utile darne conto in anticipo, così da rendere più spedita la trattazione successiva.

Assumeremo linearità nelle preferenze intertemporali dei consumatori. Con ciò il tasso di interesse d'equilibrio resterà fissato esogenamente al tasso di preferenza intertemporale, ed il tasso di crescita di "*steady state*" risulterà direttamente dal "circuito" *profitti attesi dall'innovazione - intensità della ricerca - probabilità dell'innovazione nell'unità di tempo.*

Inoltre tralasceremo un'esposizione completa del "lato della domanda" (ottimizzazione intertemporale dei consumatori), del mercato del lavoro, e delle condizioni di equilibrio "istantanee", concentrando l'attenzione direttamente sulla soluzione di stato stazionario.

### 1.1. Preferenze, Tecnologia e processo innovativo

L'economia è popolata da individui identici, di numerosità normalizzata ad 1, con una struttura delle preferenze descritta dalla funzione di utilità intertemporale:

(1) $$u(c) = \int_0^{\infty} c(t)\, e^{-rt}\, dt$$

Ciascun individuo offre inelasticamente un'unità di lavoro.

Il bene finale, $y$, è prodotto in regime di concorrenza perfetta impiegando il lavoro (offerta inelastica pari ad 1) ed i servizi di un bene intermedio, $X$, secondo la funzione di produzione:

(2) $$y_K = (X_K)^{\alpha} \qquad 0 < \alpha < 1,$$

dove $X_K$ è l'indice, aggiustato per la qualità, dell'impiego del bene intermedio

(3) $$X_K = \sum_{s=0}^{K} q^s x_s$$

Il progresso tecnico consiste nel progressivo incremento di qualità del bene intermedio secondo una catena di innovazioni di ampiezza esogena e costante $q > 1$; $K$ indica il numero delle innovazioni già ottenute nel passato. La (2) esprime, dunque, la produzione "corrente" del bene finale in funzione dei servizi produttivi che si ottengono impiegando le diverse generazioni del bene intermedio secondo le quantità indicate dalla sequenza $\{x_s\}_0^K$ .

Ogni innovatore è coperto da un brevetto di durata infinita; inoltre ogni brevetto offre all'innovatore di successo una protezione legale completa dall'imitazione (l'ampiezza "all'indietro" del brevetto è pari all'ampiezza del passo innovativo), mentre non offre alcuna protezione nei confronti delle innovazioni successive (l'ampiezza "in avanti" del brevetto è nulla, quindi nessuna nuova innovazione viola la copertura legale del brevetto precedente).

Indipendentemente dalla qualità, il bene intermedio viene prodotto impiegando unicamente il bene finale secondo un tasso marginale di trasformazione costante e normalizzato ad 1.

In ogni periodo, dunque, la produzione del bene finale può essere consumata, impiegata nella produzione del bene intermedio o investita in *R&D*.

Le gare per le innovazioni sono formalizzate secondo linee tradizionali della letteratura sulle "*patent-race*". Il *timing* dell'innovazione è stocastico e segue un processo di Poisson con "*hazard rate*" pari a

(4) $$h_K(n_K) = \lambda_K (n_K)^{\beta}, \; 0 < \beta \leq 1, \; \lambda_K > 0$$

dove $n_K$ indica l'investimento aggregato in *R&D* finalizzato ad ottenere l'innovazione *K+1*, e $\lambda_K$ è un parametro di efficienza dell'investimento in R&D (complessità della ricerca negli stadi successivi del processo innovativo).

In parole, in ogni stadio del processo innovativo, la probabilità di successo per unità di tempo[7] è una funzione crescente e debolmente concava dell'investimento in *R&D*. Quest'ultima ipotesi riflette la possibilità di esternalità negative nella ricerca (*Segerstrom, Anant and Dinopoulos (1990)*).

Posto che l'innovazione *K* sia stata ottenuta, $\frac{n_i}{n_k}$ misura la probabilità che ad innovare sia l'impresa *i*, con un investimento individuale in *R&D* pari ad $n_i$.

Tra uno stadio e l'altro del processo innovativo, l'efficienza della ricerca si modifica con il parametro $\lambda_K$.[8]

Infine, non vi sono barriere all'ingresso nelle gare per l'innovazione, ed il leader tecnologico "corrente" non ha vantaggi informativi nè vantaggi di costo nel gioco di *R&D*.[9]

---

[7] Seguendo la terminologià standard, ci riferiamo all' *hazard rate* del processo di Poisson come alla probabilità per unità di tempo che si verifichi un'innovazione. E' forse utile ricordare che, con tale espressione, si intende indicare il rapporto tra l'approssimazione lineare della probabilità che intervenga un'innovazione in un intervallo infinitesimo *dt* dall'istante corrente (pari all'hazard rate moltiplicato per *dt*) e l'ampiezza dell'intervallo, *dt*. L'ordine di grandezza dell'intervallo *dt* assicura che la suddetta approssimazione rispetti la condizione che l'elemento di probabilita sia minore di 1, indipendentemente dal valore, finito, dell'*hazard rate*. Per ulteriori chiarimenti ed approfondimenti sull'uso del processo di Poisson nei modelli di crescita endogena neo-shumpeteriani si rimanda ad Aghion-Howitt (1997), cap.2.

[8] Come si vedrà in seguito, il modello può prevedere crescita ad un tasso costante solo se il parametro $\lambda_K$ decresce in *K* (complessità crescente della ricerca negli stadi più avanzati del progresso tecnologico). Tale condizione caratterizza il modello generale di riferimento (cfr. *Barro and Sala-I-Martin (1995, cap.7)*).

[9] Per un modello con vantaggio di prima mossa per il leader tecnologico ed innovazioni non-drastiche si veda *V.Denicolò (2001)*.

### 1.2. Il mercato del bene intermedio

L'ipotesi cruciale per la struttura oligopolistica del mercato del bene intermedio è che le innovazioni non siano drastiche, vale a dire non siano di ampiezza tale da garantire al *leader* tecnologico il monopolio del mercato. In tal caso, infatti, ad ogni stadio del processo innovativo il nuovo brevetto non offre un vantaggio competitivo "assoluto" su tutti i brevetti precedenti, e vi è spazio per la competizione oligopolistica sul mercato del bene intermedio tra innovatori di "diversa generazione".

Il numero dei competitori dipenderà, ovviamente, sia dall'ampiezza delle innovazioni (a passi innovativi di ampiezza minore corrisponderà un maggior numero di competitori) sia dal modello di competizione sul mercato del bene intermedio.

D'altro canto, la permanenza nel tempo della struttura oligopolistica del mercato viene a dipendere dall'identità dei vincitori delle *patent-races* successive. Infatti, l'aggiudicazione di un certo numero di  brevetti "consecutivi" da parte di uno stesso innovatore sarà in grado di assicurargli un vantaggio competitivo assoluto sul mercato del bene intermedio.

Sarà, quindi, essenziale analizzare la struttura degli incentivi all'investimento in *R&D* in funzione della posizione occupata sul mercato del bene intermedio: *leader* tecnologico corrente, *follower* tecnologico corrente "attivo" sul mercato, *outsiders*.

Sotto tale aspetto ci porremo nella condizione più favorevole al *leader* tecnologico corrente, vale a dire che l'ampiezza delle innovazioni sia sufficiente a garantire il monopolio del mercato accumulando due brevetti consecutivi (innovazioni *quasi-drastiche*).

In questa sezione, formalizzeremo il mercato del bene intermedio come un oligopolio con prodotto omogeneo e costi differenziati tra gli innovatori di diversa generazione. E' utile sottolineare subito che la ragione fondamentale di tale formalizzazione risiede nella possibilità di ottenere una funzione di domanda continua ed invertibile, adatta all'analisi della competizione alla Cournot sul mercato del bene intermedio. Ai fini dell'analisi della competizione alla Bertand, la formalizzazione che seguiamo non offre, invece, particolari vantaggi rispetto all'impiego diretto del modello di competizione oligopolistica tra imprese (diverse generazioni di innovatori) che offrono beni differenziati nella qualità. Tuttavia, per rendere la trattazione piu unitaria, utilizzeremo la stessa formalizzazione per entrambi i modelli di competizione.

Per ricondurre l'oligopolio differenziato nella qualità dei beni offerti ad un modello, equivalente, di competizione oligopolistica con prodotto omogeneo ed imprese differenziate nei costi dovremo, innanzitutto, reinterpretare l'indice aggregato del bene intermedio. Esprimeremo l'impiego complessivo di servizi produttivi forniti dalle diverse generazioni del bene intermedio in termini di unità equivalenti, in termini di efficienza, ad una unità del bene di ultima generazione (generazione $K$). Indicheremo con l'espressione "*paniere equivalente di generazione s* ", con $K \geq s$, il numero di unità fisiche del bene intermedio di generazione $s$ che fornisce lo stesso ammontare di servizi produttivi contenuti in un'unità fisica del bene intermedio di ultima generazione.

Per le imprese del settore finale, i panieri equivalenti delle differenti generazioni sono beni omogenei (perfetti sostituti della medesima qualità). Dunque, in ogni configurazione di equilibrio del mercato, i *panieri equivalenti* di due generazioni qualsiasi possono essere contemporaneamente domandati in quantità positive solo se vengono offerti allo stesso prezzo. La domanda delle imprese del settore finale verrà, quindi, espressa nei termini dell'indice aggregato che misura la quantità complessiva di *panieri equivalenti* (di qualsiasi generazione) impiegati nella produzione, e la funzione di domanda collegherà tale indice aggregato ad un unico prezzo (il prezzo di un *paniere equivalente*, qualsiasi sia la generazione dei beni intermedi che contiene).

La competizione sull'altro lato del mercato verrà, quindi, riferita all'offerta dei *panieri equivalenti* di differenti generazioni tra gli innovatori di successo in fasi diverse del processo innovativo. Discuteremo separatamente le due forme di competizione, Bertrand e Cournot. In tale contesto mostreremo che l'ipotesi di innovazioni quasi-drastiche fissa a due il numero degli oligopolisti attivi sul mercato nella competizione alla Cournot.

Funzione di domanda ed oligopolio differenziato nei costi

Le diverse generazioni del bene intermedio differiscono tra loro unicamente per la quantità di identici servizi produttivi che contengono (perfetti sostituti ma di qualità differente). Più precisamente, nella produzione del bene finale, il saggio marginale di sostituzione tra l'ultima ($K$) e la penultima ($K-1$) generazione di bene intermedio è costante e pari a $q$; il saggio marginale di sostituzione tra l'ultima e la terz'ultima generazione è costante e pari a $q^2$; e così via per i saggi marginali di sostituzione tra l'ultima generazione ed ogni generazione precedente.

L'analisi del lato della domanda del mercato del bene intermedio può essere condotta in due modi equivalenti. Il primo prevede di sostituire direttamente, nella funzione di produzione (2), l'indice aggregato dei servizi produttivi del bene intermedio (3), e, quindi, massimizzare il profitto dell'impresa rappresentativa del settore finale (price-taker) rispetto alle quantità di beni intermedi di ogni generazione. Procedendo in tal modo si ottiene un sistema di corrispondenze di domanda discontinue.[10]

Come abbiamo anticipato in precedenza, il secondo modo parte dalla riformulazione dell'indice aggregato dei servizi del bene intermedio in termini di *panieri equivalenti*, nel contenuto di servizi produttivi, ad una unità del bene di ultima generazione.

Formalmente, moltiplicando e dividendo il lato destro della (3) per $q^K$ otteniamo:

$$X_K = q^K \sum_{s=0}^{K} \frac{x_s}{q^{K-s}} \quad .$$

Il termine generico della sommatoria, $\frac{x_s}{q^{K-s}}$ $(\equiv \hat{x}_s)$, misura il numero di unità fisiche del bene intermedio di ultima generazione (*K*) che offre la stessa quantità di servizi produttivi contenuta in $x_s$ unità fisiche del bene intermedio di generazione *s*. Ora, definendo come *paniere equivalente di generazione s* il numero di unità fisiche del bene intermedio di generazione *s* in grado di offrire la stessa quantità di servizi produttivi che fornisce un'unità fisica del bene intermedio di ultima generazione, è evidente che tale paniere contiene esattamente $q^{K-s}$ unità. Dunque il termine generico $\frac{x_s}{q^{K-s}}$ $(\equiv \hat{x}_s)$ può essere riletto come misura del *numero di panieri equivalenti di generazione s* contenuti in $x_s$ unità fisiche del bene intermedio di tale generazione.

Naturalmente, mentre le unità fisiche di generazioni diverse del bene intermedio differiscono nella quantità di servizi produttivi in esse incorporate, i *panieri equivalenti* delle diverse generazioni forniscono esattamente lo stesso ammontare di identici servizi produttivi. Detto altrimenti, il saggio marginale di sostituzione nella produzione del bene finale tra una qualsiasi coppia di *panieri equivalenti* di differenti generazioni è costante e pari ad 1. Dunque, in ogni configurazione di

[10] Le informazioni contenute in tale sistema di corrispondenze di domanda possono essere sintetizzate nel modo seguente. La domanda complessiva di servizi produttivi (indice aggregato del bene intermedio) è fissata dalla condizione di eguaglianza tra la *produttività marginale* di tali servizi, da un lato, ed il *minimo* dei rapporti, riferiti alle diverse generazioni del bene intermedio, tra il proprio prezzo ed proprio saggio marginale di sostituzione (rispetto al bene di ultima generazione), dall'altro. La domanda dei beni di una quasiasi generazione *esaurisce* la domanda complessiva di servizi produttivi se il "proprio rapporto prezzo / saggio marginale di sostituzione (idem)" individua l'*unico minimo* tra i rapporti suddetti; è *indeterminata* (tra zero e la domanda complessiva di servizi produttivi) se il "proprio rapporto prezzo / saggio marginale di sostituzione (idem)" *corrisponde al valore minimo* ma *non è l'unico minimo*; è *nulla* se il "proprio rapporto prezzo / saggio marginale di sostituzione (idem)" *non corrisponde al valore minimo*.

equilibrio, i *panieri equivalenti* di due qualsiasi generazioni del bene intermedio possono essere contemporaneamente domandati in quantità positive solo se offerti allo stesso prezzo, $p$. [11]

Proseguendo, possiamo riscrivere l'indice aggregato dei servizi produttivi del bene intermedio nel modo seguente:

$$(3') \qquad X_K = q^K \sum_{s=0}^{K} \hat{x}_s = q^K \hat{X}_K$$

La (3') misura l'ammontare complessivo dei servizi produttivi del bene intermedio come prodotto dei servizi produttivi contenuti in un'unità del bene intermedio di ultima generazione, $q^K$, per la quantità di *panieri equivalenti* (di qualsiasi generazione) impiegati nella produzione del bene finale, $\hat{X}_K$.

Sostituendo la (3') nella funzione di produzione del bene finale, avremo:

$$(2') \qquad y = \left(\hat{X}_K\right)^{\alpha} q^{\alpha K}.$$

Normalizzato ad 1 il prezzo del bene finale, il problema di massimizzazione dei profitti dell'impresa rappresentativa del settore finale (price-taker) sarà

$$\underset{\hat{X}_K}{Max} \;\; \Pi = \left(\hat{X}_K\right)^{\alpha} q^{\alpha K} - p\hat{X}_K \;\; ,$$

dalla cui soluzione ricaviamo subito la funzione di domanda e la sua inversa:

$$(5) \qquad \hat{X}_K = p^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} q^{\frac{\alpha K}{1-\alpha}} \;,$$

$$(6) \qquad p = \hat{X}_K^{-(1-\alpha)} q^{\alpha K} \alpha \;.$$

Si noti che, progredendo nella generazione delle innovazioni (cioè al crescere di $K$), la funzione di domanda si sposta verso l'alto in modo proporzionale al fattore costante $g = q^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$ .

Passando al lato dell'offerta, dato che per produrre un'unità di bene intermedio di qualsiasi generazione occorre un'unità del bene finale, in ogni periodo il costo marginale di un *paniere equivalente di ultima generazione* sarà sempre pari ad *1*, quello di un *paniere equivalente di penultima generazione* sarà sempre pari a $q$, e così via.

In generale, in ogni periodo i costi marginali associati alla successione dei *panieri equivalenti* delle diverse generazioni del bene intermedio saranno:

---

[11] Naturalmente, se $p$ è il prezzo dei *panieri equivalenti* (pari, ovviamente, al prezzo di un'unità fisica del bene di ultima generazione, $K$), il massimo prezzo di un'unità fisica del bene di penultima generazione ($K$-$1$) in grado di indurne una domanda positiva sarà pari a $p/q$ ; il massimo prezzo di un'unità fisica del bene di penultima generazione ($K$-$2$) in grado di indurne una domanda positiva sarà pari a $p/q^2$, e così via.

(7) $c_K = 1$ , $c_{K-1} = q$ , $c_{K-2} = q^2$ , ............., $c_0 = q^K$ .

Siamo a questo punto siamo in grado di riprendere la discussione sulla relazione tra ampiezza delle innovazioni, $q$ , e struttura oligopolistica del mercato del bene intermedio.

Se supponiamo *innovazioni drastiche* e *leapfrogging* della *leadership* tecnologica ad ogni passo innovativo, in ogni stadio del progresso tecnico l'innovatore di ultima generazione (costo marginale pari ad 1) è in grado di monopolizzare il mercato del bene intermedio. Ciò, ovviamente, si verifica quando il prezzo di monopolio è inferiore al costo marginale di ogni altro potenziale concorrente (gli innovatori precedenti), vale a dire, in base alla (7), inferiore al costo marginale dell'innovatore precedente, $q$.

Ora, poichè il costo marginale del leader tecnologico ($c_K = 1$) non dipende dallo stadio raggiunto dal progresso tecnico ($K$) e la funzione di domanda è ad elasticità costante ($\left|\varepsilon^D\right| = \frac{1}{1-\alpha}$), anche il prezzo di monopolio non dipende da $K$. Come è facile calcolare, il prezzo di monopolio è pari a $p^M = \frac{1}{\alpha}$ , cui corrispondono i profitti di monopolio

(8) $$\pi_K^M = \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)\alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} g^K \ ,$$

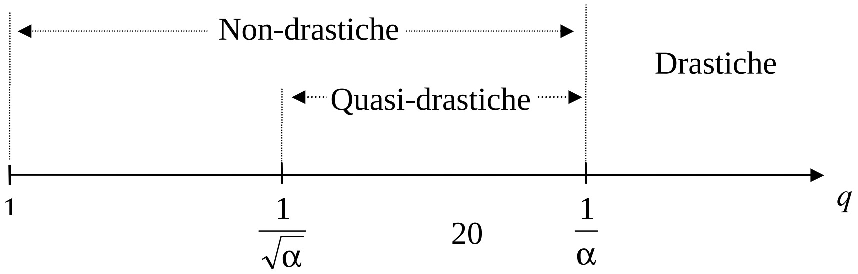
ovvero, con una notazione più sintetica,

(8') $$\pi_K^M = \pi^M g^K \ .$$

Di contro, se il prezzo di monopolio supera il costo marginale dell'innovatore precedente, le innovazioni sono *non-drastiche* e vi è spazio per la concorrenza oligopolistica. Formalmente, ciò si verifica a condizione che la l'ampiezza del passo innovativo soddisfi la diseguaglianza $\alpha q < 1$.

Analogamente, il *leader* tecnologico nello stadio $K$ è in grado di monopolizzare il mercato ottenendo l'innovazione $K+1$ (vale a dire, accumulando due brevetti consecutivi) a condizione che il prezzo di monopolio sia inferiore al costo marginale (dopo l'intervento dell'innovazione $K+1$) dell'innovatore $K-1$, $q^2$. Dunque la condizione che individua le innovazioni "*quasi-drastiche*" sarà: $\alpha q^2 > 1$. (Fig.1)

Fig.1



Competizione alla Bertrand.

Con innovazioni *non-drastiche* e *leapfrogging*, la competizione alla Bertand si chiuderà, in ciascun periodo, nell'equilibrio di "prezzo limite": prezzo pari al costo marginale del *follower* tecnologico (penultimo innovatore), profitti e produzione positivi solo per il *leader* tecnologico (ultimo innovatore).[12]

Poichè il costo marginale del penultimo innovatore, $q$, non dipende dallo stadio raggiunto dal processo innovativo, non vi dipende neppure il prezzo d'equilibrio alla Bertrand, $p^B = q$. Di contro, i profitti del *leader* dipendono dallo stadio del progresso tecnico.

Utilizzando la (5), la "quantità" di bene intermedio[13] prodotta in equilibrio sarà

$$\hat{X}_K^B = q^{-\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}g^K.$$

I profitti dell'innovatore $K$ risulteranno:

(9) $$\pi_K^B = (q-1)\,q^{-\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}g^K \quad ,$$

ovvero, in modo più sintetico,

(9') $\pi^B g^K$, dove $\pi^B = (q-1)\,q^{-\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}$.

Da un'innovazione all'altra, dunque, i profitti dell'ultimo innovatore e l'indice della quantità di bene intermedio crescono secondo il fattore costante $g$.

[12] Come abbiamo anticipato nella parte introduttiva della presente sezione, nell'analisi della competizione alla Bertrand impieghiamo la formalizzazione del mercato come un oligopolio con prodotto omogeneo (panieri equivalenti) ed imprese differenziate nei costi solo per mantere unitaria la trattazione. L'equilibrio di "prezzo limite" può, infatti, essere ricavato altrettanto facilmente impiegando il modello, equivalente, di competizione di prezzo nell'offerta di beni differenziati nella qualità (unità fisiche del bene intermedio di differenti generazioni). A tal fine basta osservare che se *il leader* tecnologico corrente (innovatore $K$) fissa il prezzo del bene intermedio di ultima generazione a $p^K = q$, il penultimo innovatore (innovatore $K$-$1$) fa profitti nulli al massimo prezzo compatibile con una domanda positiva per il bene di penultima generazione ($p^{K-1} = p^K / q$), e, quindi, rimane fuori dal mercato. Analogamente ogni innovatore di generazione precedente alla penultima rimane fuori dal mercato, essendo i suoi profitti negativi al massimo prezzo compatibile con una domanda positiva per il bene della propria generazione ($p^{K-s} = p^K / q^s$ per il bene intermedio di generanerazione $s$, con $s \leq K$-$2$). Infine, come è immediato verificare, qualsiasi altro prezzo del bene intermedio di ultima generazione non può individuare un equilibrio di Nash del gioco competitivo.

[13] Si ricorda che l'indice di quantità misura la quantità di *panieri equivalenti* ad un'unità del bene intermedio di ultima generazione. Nell'equilibrio di Bertrand solo l'ultimo innovatore è attivo sul mercato, quindi l'indice misura effettivamente unità del bene intermedio di ultima generazione.

Competizione alla Cournot

Supponiamo che, in ogni stadio del progresso tecnico, $K$, gli ultimi due innovatori competano alla Cournot ed indichiamo con $k$ e $k$-1, rispettivamente, l'ultimo ed il penultimo innovatore.

Poichè l'elasticità della funzione di domanda è costante, $\left|\varepsilon^D\right| = \dfrac{1}{1-\alpha}$, le funzioni di reazione sono definite implicitamente dalle condizioni:

$$p\left(\hat{X}_K\right) = \frac{q^{k-j}}{1-(1-\alpha)\, s_j} \;,\; j = k, k\text{-}1$$

dove $s$ indica la generica quota di mercato $\dfrac{\hat{x}_j}{\hat{X}_K}$.[14]

Risolvendole in sistema con la condizione $s_k + s_{k-1} = 1$, si ottengono il prezzo e le quote di mercato di equilibrio:

$$p^C = \frac{1+q}{1+\alpha};\; s_k = \left(1-\frac{1+\alpha}{1+q}\right)\frac{1}{1-\alpha};\; s_{k-1} = \left(1-q\,\frac{1+\alpha}{1+q}\right)\frac{1}{1-\alpha}.$$

Infine, utilizzando la (5), la "quantità" prodotta[15] sarà

$$\hat{X}_K^C = \left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} g^K$$

ed i profitti, rispettivamente, del *leader* e del *follower* tecnologici nello stadio $K$ del processo innovativo risulteranno:

$$\pi_K^{CL} = \left(\frac{1+q}{1+\alpha}-1\right)\left(1-\frac{1+\alpha}{1+q}\right)\frac{1}{1-\alpha}\left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} g^K \tag{10}$$

$$\pi_K^{CF} = \left(\frac{1+q}{1+\alpha}-q\right)\left(1-q\,\frac{1+\alpha}{1+q}\right)\frac{1}{1-\alpha}\left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} g^K \;. \tag{11}$$

Utilizzeremo anche in questo caso la notazione più sintetica:

$$\pi_K^{CL} = \pi^{CL} g^K \quad \text{con} \quad \pi^{CL} = \frac{1}{1-\alpha}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left(\frac{q-\alpha}{1+\alpha}\right)^2\left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{2-\alpha}{1-\alpha}} \;, \tag{10'}$$

[14] Per evitare confusioni di notazione, abbiamo tolto l'indicazione dello stadio del progresso tecnico dalle variabili di quantità "individuali".

[15] In questo caso l'indice di quantità va interpretato strettamente nel modo più volte richiamato (quantità di *panieri equivalenti*) giacchè in equilibrio vengono prodotti e utilizzati beni intermedi di ultima e penultima generazione.

(11’) $\pi_K^{CF} = \pi^{CF} g^K$ con $\pi^{CF} = \frac{1}{1-\alpha}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left(\frac{q-\alpha q}{1+\alpha}\right)^2\left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{2-\alpha}{1-\alpha}}$ .

Di nuovo, il prezzo d’equilibrio non dipende da $K$, mentre la quantità ed i profitti crescono da uno stadio all’altro del processo innovativo secondo il fattore costante $g$. Ovviamente la quota di mercato ed i profitti del *leader* sono maggiori di quelli del *follower*.

Mostriamo ora che se le innovazioni sono *quasi-drastiche*, l’equilibrio nel caso di competizione alla Cournot è effettivamente un duopolio.

A tal fine è sufficiente verificare che, se $\alpha q^2 > 1$, il prezzo di duopolio testè trovato è inferiore al costo marginale (pari al costo medio) del terz’ultimo innovatore[16].

Imponendo la condizione $p^C < q^2$ otteniamo la disequazione:

$$1 + q < q^2 + \alpha q^2 .$$

Essendo $q > 1$, tale disequazione è senz’altro soddisfatta se $\alpha q^2 > 1$.

Possiamo dunque concludere che, con innovazioni *quasi-drastiche* e *leapfrogging tecnologico*, la competizione alla Cournot si risolve, in ogni periodo, nell’equilibrio di duopolio.

Ricapitolando, in entrambi i modelli di competizione il prezzo d’equilibrio non dipende dallo stadio del progresso tecnico, mentre la quantità ed i profitti di equilibrio crescono da uno stadio all’altro secondo il fattore costante $g$. Nel caso di competizione alla Bertrand, solo il *leader* tecnologico è attivo sul mercato e realizza profitti inferiori rispetto a quelli di monopolio, data la pressione competitiva esercitata dal rivale (follower tecnologico). Nel caso di competizione alla Cournot, sia il *leader* che il *follower* tecnologico sono attivi sul mercato, il primo con una quota di mercato e profitti maggiori del secondo. Ovviamente anche in questo caso i profitti complessivi sono inferiori ai profitti di monopolio.

Il confronto tra l’equilibrio di Bertrand e l’equilibrio di Cournot è standard: il prezzo ed i profitti complessivi sono maggiori nella competizione alla Cournot, la quantità prodotta è maggiore nell’equilibrio di Bertrand.

Ai fini della trattazione successiva è importante confrontare i profitti che l’impresa più efficiente (*leader* tecnologico) ottiene nei due modelli di interazione oligopolistica in funzione

[16] L’ampiezza minima dell’innovazione che esclude dal mercato il terz’ultimo innovatore (ottenibile imponendo che il prezzo di duopolio sia inferiore al suo costo medio, ovvero, in modo del tutto equivalente, imponendo che lo sia il prezzo d’equilibrio nella competizione a tre) risulta minore dell’estremo inferiore dell’intervallo di “*quasi-drasticità*” delle innovazioni.

dell'ampiezza delle innovazioni, $q$, all'interno nell'intervallo che individua le innovazioni quasi-drastiche, $q \in \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha}};\frac{1}{\alpha}\right)$.

Trascurando il fattore di crescita, le espressioni (9) e (10) definiscono i profitti del *leader* tecnologico, rispettivamente negli equilibri di Bertrand e Cournot, come funzioni entrambe continue, monotone e crescenti di $q$ nell'intervallo chiuso $\left[1;\frac{1}{\alpha}\right]$. [17] In tale intervallo, quindi, le due funzioni possono intersecarsi solo una volta. Come è ovvio, vi è intersezione in $q=\frac{1}{\alpha}$, dove entrambe assumono il valore dei profitti di monopolio. Nell'estremo inferiore dell'intervallo in esame, *q=1*, i profitti di Bertrand si annullano, mentre la funzione che descrive i profitti del *leader* tecnologico nel duopolio di Cournot conserva valore positivo. Ne consegue che, nell'intervallo delle innovazioni quasi-drastiche, la differenza $[\pi_K^{CL} - \pi^B]$ è sempre positiva, decresce al crescere di $q$, e tende a zero all'estremo superiore dell'intervallo.

Sottolineiamo, infine, che la differenza tra i profitti del *leader* tecnologico in ciascuna delle due forme di competizione ed i profitti di monopolio decresce al crescere di $q$ e si annulla all'estremo superiore dell'intervallo, ove risulterà altresì nullo il profitto del *follower* tecnologico nel duopolio di Cournot.

## 2. Struttura degli incentivi all'investimento in *R&D* e leapfrogging tecnologico

Nel modello "standard" (innovazioni drastiche, libero accesso e simultaneità nel gioco di *R&D*) il *leader* tecnologico non investe in *R&D* ed è scavalcato, ad ogni gara per l'innovazione, da un *outsider*. L'effetto di "efficienza" (incremento atteso dei profitti di monopolio associati al progresso tecnico) è identico sia per il *leader* tecnologico corrente che per gli *outsiders*, la simultaneità del gioco impedisce al *leader* tecnologico di "internalizzare" la minaccia competitiva degli *outsiders* e, quindi, l'*effetto replacement di Arrow*[18] crea la struttura degli incentivi che fissa il risultato[19].

---

[17] Per la funzione dei profitti di Cournot stiamo solo considerandone l'estensione nell'intervallo complementare $[1;\frac{1}{\sqrt{\alpha}})$, dato che in esso, al diminuire di $q$ da $\frac{1}{\sqrt{\alpha}}$ ad 1, il numero delle imprese cresce.

[18] Il "*Prize*" del *leader* tecnologico è pari alla differenza tra il valore atteso del brevetto in gara ed il valore del suo brevetto "corrente", mentre quello degli *ousiders* coincide con l'intero valore atteso del brevetto in gara.

[19] Sempre in presenza di *innovazioni drastiche*, se il *leader* tecnologico dispone di vantaggi di prima mossa nel gioco di *R&D*, realizza che la funzione di reazione degli outsiders corrisponde alla condizione di *free-entry* e che l'investimento aggregato in *R&D* è indipendente dai suoi incentivi "*stand-alone*". Con ciò l'*effetto replacement di Arrow* si annulla. In

L'investimento aggregato in *R&D* risulta determinato, tramite la *"free-entry condition"*, dalla tecnologia della ricerca e dal valore atteso d'equilibrio di ciascun brevetto (il quale, in coerenza con il risultato di *leapfrogging*, sconta l'effetto di "distruzione creativa" dell'investimento in *R&D* nella gara per l'innovazione immediatamente successiva).

Come si è notato in precedenza, nel caso di innovazioni *non-drastiche* l'incentivo ad investire in *R&D* del *leader* tecnologico risente di un effetto positivo addizionale collegato alla prospettiva di accumulare (attraverso una successione passi innovativi) vantaggi competitivi sul mercato di impiego dell'innovazione nei confronti dei concorrenti (al limite, il monopolio)[20].

Tale effetto potrebbe compensare l'*effetto replacement*, inducendo il *leader* tecnologico corrente ad investire in equilibrio. Inoltre, come vedremo nella prossima sezione, nel caso di duopolio alla Cournot ogni brevetto conserva un valore positivo anche dopo l'intervento dell'innovazione successiva, seppur minore rispetto al brevetto del *leader* "corrente". Dunque anche il "*follower* tecnologico corrente" è soggetto all'effetto *replacement* nella gara per innovare la tecnologia più avanzata.

Queste considerazioni[21] sottolineano la necessità di verificare che le ipotesi di *leapfrogging* ad ogni passo innovativo (da cui dipende la stabilità nel tempo della struttura competitiva del mercato del bene intermedio), nonchè di investimento positivo in equilibrio solo da parte degli *outsiders* (sulla quale si baseremo la soluzione del modello di crescita nella sezione successiva) siano coerenti con la struttura degli incentivi ad innovare nel caso di innovazioni *quasi-drastiche*.

L'analisi degli incentivi all'investimento, raccolta in Appendice, indica l'esistenza di un sotto-intervallo interno a quello delle innovazioni *quasi-drastiche* nel quale l'equilibrio del gioco di *R&D* (simultaneo e con *free-entry*) vede solo gli *outsiders* investire e, quindi, *leapfrogging* della *leadership* tecnologica. Tale proprietà si presenta in entrambe le forme competitive del mercato di impiego dell'innovazione e nella stessa zona dell'intervallo di *quasi-drasticità* delle innovazioni.

---

tal caso, quindi, *leader* e *outsiders* hanno lo stesso incentivo ad innovare, l'esito del gioco è indeterminato (persistenza della *leadership* o *leapfrogging*) ma l'investimento aggregato in *R&D* è lo stesso (cfr. *Denicolò (2001)*).

[20] Naturalmente in una catena infinita di innovazioni, tale effetto riguarda anche i rivali. Tuttavia, la sua entità è sicuramente minore via via che ci si allontana dalla posizione di *leader* corrente, giacchè la prospettiva di acquisire gli "stessi vantaggi competitivi" risulta differita nel tempo. Questa argomentazione non è modificata dalla presenza dell'effetto "efficienza" nella catena infinita di innovazioni di un modello di crescita endogena. Infatti la condizione di trasversalità implica che l'effetto "efficienza" risulti più che compensato dal differimento temporale nell'attualizzazione al tasso di sconto "aggiustato" per la componente probabilistica (tasso di interesse più "*hazard rate*" di equilibrio di *steady-state*)

[21] Ad esse potremmo aggiungere il risultato di persistenza della *leadership* (*Denicolò (2001)*) in un modello con innovazioni *quasi-drastiche* e vantaggio di prima mossa.

L’analisi indica, inoltre, che tale sotto-intervallo è più ampio nel caso di competizione alla Cournot. In tal caso, infine, l’incentivo ad investire del *follower* risulta sempre dominato da quello degli *outsiders* sull’intero intervallo delle innovazioni *quasi-drastiche*.

Tali conclusioni “sostengono” l’ipotesi di *leapfrogging* ad ogni passo innovativo, condizione per la stabilità temporale delle due forme di competizione oligopolistica sul mercato del bene intermedio. Esse consentono, inoltre, di scartare l’ipotesi di “*leapfrogging* interno” nel caso di Competizione alla Cournot (alternanza nella *leadership* tecnologica tra le stesse due imprese attive sul mercato di impiego dell’innovazione). Nella prossima sezione procederemo, quindi, alla soluzione di *steady state* del modello assumendo che, in equilibrio, solo gli *outsiders* investano in *R&D*.

### 3. Crescita di Steady State

In questa sezione risolveremo il modello nella crescita di *steady-state* supponendo, alternativamente, competizione alla Bertrand e competizione alla Cournot sul mercato del bene intermedio. Poichè il nostro obiettivo è di confrontare gli effetti sul tasso di crescita delle due forme di competizione, ci limiteremo a raggiungere i risultati essenziali, funzionali a tale confronto.

Prima di procedere all’analisi separata dei due casi, mettiamo in evidenza le caratteristiche dell’equilibrio di *steady state* comuni ad entrambi.

Innanzitutto, costante il prezzo del bene intermedio, la funzione di domanda (5) e la funzione di produzione (2’) indicano che in ogni intervallo (stocastico) tra un’innovazione e quella successiva la produzione del bene intermedio e del bene finale crescono secondo il fattore costante $g = q^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$.

In *steady state*, dunque, l’input di bene intermedio, i consumi e l’investimento in *R&D* cresceranno, da un’innovazione all’altra, al tasso costante $(g - 1)$.

Il valore atteso del tasso di crescita nel tempo, $\gamma$, sarà pari a prodotto tra $(g - 1)$ e la probabilità istantanea dell’innovazione nell’unità di tempo. Per avere crescita costante, è necessario, quindi, che quest’ultima (“*hazard-rate*”) sia costante. Indicandone con $z$ il valore di equilibrio, avremo:

$$\gamma = z\,(g - 1).$$

Il tasso di crescita è una funzione crescente dell’*hazard rate* di equilibrio, $z$. Nel confronto tra le due strutture di competizione sarà quindi sufficiente indagarne l’effetto su $z$.

Il tasso di interesse di equilibrio è fisso al valore del tasso di preferenza intertemporale, *r*, quindi esogeno rispetto alla soluzione di *stady state*, nella quale dovrà comunque essere soddisfatta la condizione di trasversalità:

$$r - \gamma > 0.$$

Infine, come abbiamo indicato chiudendo la sezione precedente, l'investimento in *R&D* d'equilibrio proverrà solo dagli *outsiders*, con sostituzione della *leadership* tecnologica ad ogni stadio del progesso tecnico.

### 3.1. Competizione alla Bertrand

Indichiamo con $E(V_{K+1})$ il valore atteso dell'innovazione *K+1* durante la gara per ottenerne il brevetto ed utilizziamo la specificazione della funzione di *hazard-rate* introdotta inizialmente, $h_K(n_K) = \lambda_K (n_K)^{\beta}$.

Poichè in equilibrio solo gli *outsiders* investono in *R&D*, il loro profitto netto atteso dall'innovazione *K+1* sarà $\lambda_K (n_K)^{\beta} E(V_{K+1}) - n_K$ .

La condizione di *free-entry* richiede che, in equilibrio, il profitto netto atteso degli outsiders sia nullo. Avremo, quindi:

$$\lambda_K \; n_K^{\beta-1} \; E(V_{K+1}) = 1.$$

Proseguendo, poichè la *leadership* tecnologica cambia ad ogni innovazione e, nell'equilibrio di Bertrand, l'impresa *follower* non fa profitti, il brevetto dell'innovazione *K+1* non conserva alcun valore dopo l'intervento dell'innovazione successiva, *K+2*. Di conseguenza, la condizione di arbitraggio che determina il valore atteso dell'innovazione *K+1* sarà:

$$rE(V_{K+1}) = \pi^{B} g^{K+1} - \lambda_{K+1} \; n_{K+1}^{\beta} E(V_{K+1}). \tag{12}$$

In parole, le attività finanziarie emesse dall'innovatore *K+1* sono remunerate dal flusso di profitti che l'innovatore ottiene sul mercato del bene intermedio al netto della perdita attesa di capitale che si verifica se interviene l'innovazione successiva.

L'equazione (12) può essere riscritta nella forma:

$$E(V_{K+1}) = \frac{\pi^{B} g^{K+1}}{r + \lambda_{K+1} n_{K+1}^{B}} \tag{13}$$

la quale esprime il valore atteso dell'innovazione *K+1* come attualizzazione dei profitti ad essa associati (finchè non interviene l'innovazione successiva) al tasso di sconto "aggiustato" per la probabilità che si verifichi l'innovazione successiva.

Utilizzando la condizione di *free-entry* e l'equazione (13), si ottiene l'equazione dinamica:

(14) $$\lambda_K \; n_K^{\beta-1} \; \frac{\pi^B g^{K+1}}{r+\lambda_{K+1} n_{K+1}^B} = 1.$$

A questo punto, per ottenere crescita bilanciata occorre introdurre l'ipotesi di difficoltà crescente della ricerca con il progredire del progresso tecnico[22]:

(15) $\lambda_K = \lambda g^{-\beta K}$ .

Sotto questa ipotesi, in *steady state* la probabilità istantanea dell'innovazione, $z_K = \lambda_K \; n_K^{\beta}$ , risulta costante e l'equazione (14) diventa:

(16) $$g \frac{\pi^B}{r+z} = \frac{z^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}}$$

Quest'ultima condizione individua il valore di equilibrio di $z$ , e, quindi, del tasso di crescita $\gamma = z\,(g - 1)$.[23]

Differenziando implicitamente la (16) si mostra che l'intensità della ricerca (segnalata dall'*hazard rate* di equilibrio, z) e, quindi, il tasso di crescita di *steady state*, crescono con i profitti che l'innovazione consente di ottenere sul mercato del bene intermedio, con la produttività dell'investimento in *R&D* (tramite $\lambda$) e con l'ampiezza delle innovazioni (tramite $g$).

### 3.2. Competizione alla Cournot

Continuando ad indicare con $E(V_{K+1})$ il valore atteso dell'innovazione $K+1$ durante la gara per ottenerne il brevetto, la condizione di *free-entry* impone l'annullamento dei profitti netti attesi dagli *outsiders*, e quindi

( 17) $\lambda_K \; n_K^{\beta-1} \; E(V_{K+1}) = 1.$

Come nel caso precedente, la *leadership* tecnologica cambia ad ogni innovazione e l'investimento in R&D è effettuato solo dagli *outsiders*. Tuttavia, se sul mercato del bene intermedio le imprese competono alla Cournot, l'impresa meno efficiente (il *leader* tecnologico nello stadio precedente del progresso tecnico) continua ad essere attiva sul mercato e ad ottenere profitti positivi. Di conseguenza il brevetto di una qualsiasi innovazione $K$ conserva valore positivo dopo l'intervento (con *leapfrogging*) dell'innovazione successiva, $K+1$. Di contro dopo due passi

---

[22] Cfr. *Barro e Sala -I-Martin (1995, cap.7)*.

[23] Il lato di sinistra della (26) è una funzione decrescente, mentre quello di destra è una funzione crescente, di $z$; quindi l'equilibrio è unico.

innovativi (cioè quando interviene l'innovazione *K+2*) il brevetto *K* non ha più valore. Infatti, l'innovatore *K+2* è un *outsider* (che investe in R&D), il leader tecnologico *K+1* (che non investe in *R&D*) passa nella posizione di *follower* nella competizione alla Cournot con il nuovo *leader*, e l'innovatore *K* (che occupava la posizione di *follower* prima dell'innovazione *K+2* e non investe in R&D per ottenerla) esce dal mercato.

Rispetto al caso precedente dovremo, quindi, modificare la condizione di arbitraggio.

A tal fine, indichiamo con $E(V_{K+1}^{K+2})$ il valore (atteso) che il brevetto *K+1* "mantiene" dopo l'intervento dell'innovazione successiva, *K+2*. La condizione di arbitraggio sarà:

$$rE(V_{K+1}) = g^{K+1}\pi^{CL} - \lambda_{K+1}\, n_{K+1}^{\beta}\, [E(V_{K+1}) - E(V_{K+1}^{K+2})]$$

$$rE(V_{K+1}^{K+2}) = g^{K+2}\pi^{CF} - \lambda_{K+2}\, n_{K+2}^{\beta}\, E(V_{K+1}^{K+2}),$$

dalla quale si ottiene

$$(18)\qquad E(V_{K+1}) = \frac{g^{K+1}\pi^{CL}}{r+\lambda_{K+1}n_{K+1}} + \frac{1}{r+\lambda_{K+1}n_{K+1}}\,\frac{g^{K+2}\pi^{CF}}{r+\lambda_{K+2}n_{K+2}}.$$

L'equazione (18) è l'analoga dell'equazione (13) del caso con competizione alla Bertarand. Come in quest'ultima, il valore atteso del brevetto *K* è espresso come attualizzazione del flusso di profitti. Nel caso in esame, tuttavia, il flusso di profitti dura per due fasi del processo innovativo: ottenuta l'innovazione *K+1*, si guadagnano i profitti da *leader* tecnologico (impresa più efficiente); la percezione dei profitti da *leader* si interrompe con l'intervento dell'innovazione *K+2* (e quindi i profitti da *leader* sono scontati di un "periodo" al tasso di sconto "aggiustato" per la probabilità che intervenga l'innovazione *K+1* ); nel periodo successivo si ottengono i profitti da *follower* tecnologico (impresa meno efficiente), che si interrompono con l'intervento dell'innovazione *K+3* (e quindi tali profitti sono scontati per due "periodi" impiegando, nel fattore di sconto, la probabilità che intervenga l'innovazione *K+3*).

Naturalmente l'altra differenza consiste nella differente espressione dei profitti che si ottengono nella fase in cui l'innovazione *K+1* è la tecnologia più avanzata: $g^{K+1}\pi^{CL}$ nel caso di competizione alla Cournot; $g^{K+1}\pi^{B}$ nel caso di competizione alla Bertrand.

E' evidente che i profitti complessivi complessivi associati alla generica innovazione *K+1* sono maggiori nel caso in esame, e ciò è ascrivibile all'operare, congiunto, di due effetti collegati al carattere "più collusivo" della concorrenza alla Cournot.

Il *primo effetto (statico)* consiste nella minore erosione dei profitti correnti del *leader* tecnologico quando questi compete "alla Cournot", invece che "alla Bertrand", con il *follower* tecnologico ($g^{K+1}\pi^{CL} > g^{K+1}\pi^{B}$). Nell'analisi dell'investimento d'equilibrio in *R&D* da parte degli *ousiders*, tale effetto formalizza in modo rigoroso l'argomentazione utilizzata nel modello standard per rilevare il *trade-off* tra competizione e crescita (effetto di "appropriabilità"). Il *secondo effetto (dinamico)* consiste nella possibilità di rimanere sul mercato (nella posizione di impresa meno efficiente) che la competizione alla Cournot garantisce all'innovatore "corrente" anche dopo l'ingresso sul mercato dell'innovatore successivo, dotato di una tecnologia più efficiente. Di contro, la competizione di prezzo seleziona istantaneamente le imprese meno efficienti eliminandole dal mercato, e quindi la prospettiva di profitto di ciascun innovatore è limitata nel tempo al suo periodo di *leadership* tecnologica.

Dunque, i profitti complessivi ed il valore atteso della generica innovazione *K+1* sono maggiori nel caso con competizione alla Cournot. Poichè il valore atteso dell'innovazione è il premio degli *outsiders* in gara per ottenerla, è chiaro che l'intensità della ricerca ed il tasso di crescita risulteranno, in tal caso, più elevati.

Formalmente, procedendo come nella sezione 3.1, dalle equazioni (17) e (18) ottieniamo l'equazione dinamica:

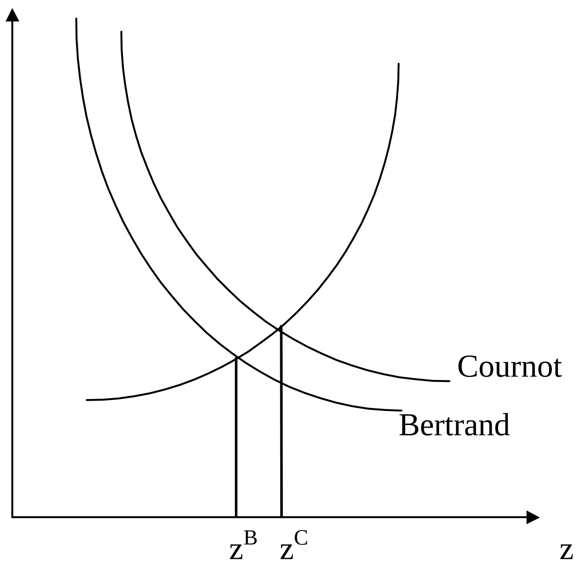
$$(19) \qquad \lambda_K \, n_K^{\beta-1} \left\{ \frac{g^{K+1}\pi^{CL}}{r+\lambda_{K+1}n_{K+1}} + \frac{1}{r+\lambda_{K+1}n_{K+1}} \frac{g^{K+2}\pi^{CF}}{r+\lambda_{K+2}n_{K+2}} \right\} = 1.$$

Quest'ultima, insieme alla (15), fissa la condizione che individua l'intensità della ricerca (*hazard rate* di equilibrio, *z*):

$$(20) \qquad g\frac{\pi^{CL}}{r+z} + g^2 \frac{\pi^{CF}}{(r+z)^2} = \frac{z^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}} \; .$$

Possiamo, ora, confrontare graficamente le due condizioni (20) e (16) e, quindi, i valori d'equilibrio dell' intensità della ricerca nei due casi (Fig.2).

Fig.2



Il lato di sinistra di entrambe le condizioni individua una funzione decrescente in $z$; come è facile constatare, la funzione associata alla (20) (caso "Cournot") giace sempre "sopra" quella associata alla (16) (caso "Bertrand"); il lato di destra delle due condizioni corrisponde alla stessa funzione crescente di $z$. In entrambi i casi, dunque, l'equilibrio è unico, e l'intensità della ricerca è maggiore nel caso di competizione alla Cournot ( $z^C > z^B$ ).

## 4. Analisi normativa

In questa sezione ci occupiamo del confronto, sotto il profilo del benessere sociale, tra le soluzioni di crescita uniforme individuate nella sezione precedente. Utilizzeremo come termine di riferimento la soluzione di crescita uniforme ottimale (*first-best*).

La funzione del benessere sociale (atteso) può essere espressa nel modo seguente:

$$E(u) = \int_0^\infty e^{-rt} \left[ \sum_{K=0}^{\infty} \Pr(t,K) c_K \right] dt \,,$$

dove $\Pr(t,K)$ indica la probabilità che si ottengano esattamente $K$ innovazioni fino all'istante $t$ (vale a dire, che il progresso tecnologico arrivi allo stadio $K$ nell'intervallo temporale $[0,\ t]$ ) e $c_K$ il consumo pro-capite nello stadio $K$ del progresso tecnico.

Sia nella soluzione di mercato che in quella di ottimo sociale il modello non presenta una dinamica di convergenza ("salto istantaneo" nello stato stazionario). Di conseguenza l'analisi di benessere confronta tra loro stati stazionari sull'intero orizzonte temporale $[0,\ \infty)$, in ognuno dei quali l'*hazard rate* è costante nel tempo, mentre i consumi, la produzione del bene finale, l'impiego del bene intermedio e l'investimento in *R&D* crescono tra uno stadio e l'altro del processo innovativo secondo il fattore costante $g = q^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$ .

Ricordando che il *timing* delle innovazioni segue un processo di Poisson, se indichiamo con $z$ un generico *hazard rate* stazionario, il termine di probabilità $\Pr(t,K)$ può essere specificato nel modo seguente:

$$\Pr(t,K) = e^{-\tilde{z}t} \frac{z^K t^K}{K!} \,.$$

Di seguito, indicando con $c$ il consumo "iniziale" ($K$ = 0) (e, quindi, $c = c_K\, g^{-K}$ ), ed imponendo la condizione di trasversalità $r - z(g-1) > 0$ , il valore (attualizzato in $t = 0$) del benessere sociale atteso in un generico sentiero di crescita uniforme può essere espresso come segue:

$$E(u) = \frac{c}{r - z(g-1)}$$

In ciascuno stadio del progresso tecnico la produzione del bene finale deve eguagliarne gli impieghi (consumo, produzione del bene intermedio, investimento un *R&D*):

$$y_K = c_K + I(\hat{X}_K) + n_K ,$$

dove $I(\hat{X}_K)$ indica l'impiego di bene finale (saggio marginale di trasformazione unitario) nella produzione di $\hat{X}_K$ unità di "panieri equivalenti", ed $y_K = q^{\alpha K}\left(\hat{X}_K\right)^{\alpha}$.

Ora, in un generico sentiero di crescita uniforme sia la produzione che gli impieghi del bene finale crescono secondo il fattore *g*; l'*hazard rate* è collegato all'investimento in *R&D* tramite la tecnologia $z = \lambda_K \left(n_K\right)^{\beta}$ ; la difficoltà della ricerca cresce con l'avanzare del progresso tecnico secondo la relazione $\lambda_K = \lambda g^{-\beta K}$.

Ciò consente di riscrivere il vincolo delle risorse (condizione d'equilibrio periodale nella soluzione di mercato) nel modo seguente :

$$c\ g^K = g^K \left\{ \left(\hat{X}\right)^{\alpha} - I(\hat{X}) - \left(\frac{z}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}} \right\}.$$

Quindi,

$$c = \left\{ \left(\hat{X}\right)^{\alpha} - I(\hat{X}) - \left(\frac{z}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}} \right\},$$

dove $\hat{X}$ indica la produzione di bene intermedio nello "stadio iniziale" del sentiero di crescita uniforme (*K=0*).

Nella <u>soluzione di ottimo sociale</u> (*first-best*), in ogni periodo verranno impiegati solo beni intermedi di ultima generazione. Di conseguenza, l'indice $\hat{X}$ misura effettivamente beni intermedi di ultima generazione, $x$, pari esattamente all'impiego di bene finale nella loro produzione, $I(x) = x$.

Il problema di ottimo sociale può, quindi, essere espresso nel modo seguente :

$$\text{(F1)} \qquad \underset{x,z}{Max}\ E(u) = \left\{ x^{\alpha} - x - \left(\frac{z}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}} \right\} \left[ \frac{1}{r - z(g-1)} \right]$$

La condizione di primo ordine in $x$ prevede l'eguaglianza tra la produttività marginale del bene intermedio nella produzione del bene finale ed il saggio marginale di trasformazione unitario:

$$\alpha x^{\alpha-1} = 1$$

Tale condizione fissa direttamente la produzione ottimale (iniziale) del bene intermedio, $\tilde{x} = \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}$, e, quindi, la produzione (iniziale) del bene finale al netto del suo impiego nella produzione del bene intermedio :

$$(\text{F2}) \quad (\tilde{x})^{\alpha} - \tilde{x} = \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right).$$

Utilizzando, infine, la condizione di primo ordine in $z$ si ottiene la condizione che caratterizza l'*hazard rate* di first-best ($\tilde{z}$) :

$$(\text{F3}) \qquad \frac{\beta\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left[\frac{1}{\alpha}-1\right](g-1)}{r-\tilde{z}(g-1)(1-\beta)} = \frac{\tilde{z}^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}}.$$

Dunque il benessere sociale atteso di first best sarà pari a :

$$(\text{F4}) \qquad \tilde{E}(u) = \left\{\tilde{x}^{\alpha} - \tilde{x} - \left(\frac{\tilde{z}}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}}\right\}\left[\frac{1}{r-\tilde{z}(g-1)}\right]$$

con $\tilde{x}$ e $\tilde{z}$ individuati, rispettivamente, dalle equazioni ( F2 ) ed ( F3 ).

<u>Nella soluzione di mercato con competizione alla Bertrand</u> in ogni periodo solo l'ultimo innovatore è attivo sul mercato del bene intermedio. Anche in tal caso, quindi, vengono prodotti ed impiegati solo beni intermedi di ultima generazione, e l'indice $\hat{X}$ misura effettivamente beni intermedi di tale generazione, $x^{\text{B}}$, pari esattamente all'impiego di bene finale nella loro produzione, $I(x^{\text{B}}) = x^{\text{B}}$.

Dunque il valore atteso del benessere sociale associato alla soluzione di mercato con competizione alla Bertrand sarà

$$(\text{B1}) \qquad E^{\text{B}}(u) = \left\{\left(x^{\text{B}}\right)^{\alpha} - x^{\text{B}} - \left(\frac{z^{\text{B}}}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}}\right\}\left[\frac{1}{r-z^{\text{B}}(g-1)}\right],$$

dove, richiamando le espressioni ricavate nelle precedenti sezioni 1.2 e 3.1,

$$(\text{B2}) \qquad x^{\text{B}} = q^{-\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} \;;$$

$$(\text{B3}) \qquad z^{\text{B}} : \; g\frac{\pi^{\text{B}}}{r+z^{\text{B}}} = \frac{\left(z^{\text{B}}\right)^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}} \;, \qquad \text{con } \pi^{\text{B}} = (q-1)\,q^{-\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}.$$

A differenza dei due casi precedenti, nella <u>soluzione di mercato con competizione alla Cournot</u> in ogni periodo sul mercato del bene intermedio sono attivi sia l'ultimo (impresa più efficiente, *leader*) che il penultimo (impresa meno efficiente, *follower*) innovatore; in tal caso, quindi, $\hat{X}$ misura la somma delle unità di "panieri equivalenti" di ultima e penultima generazione impiegate nella produzione del bene finale, $\hat{X}^{\mathrm{C}} = x^{\mathrm{CL}} + x^{\mathrm{CF}}$.

Ricordando che la produzione di un "paniere equivalente" di penultima generazione impiega $q$ unità del bene finale, avremo:

$$I(\hat{X}^{\mathrm{C}}) = x^{\mathrm{CL}} + q\, x^{\mathrm{CF}}.$$

Dunque il valore atteso del benessere sociale associato alla soluzione di mercato con competizione alla Cournot sarà

$$\text{(C1)} \quad E^{\mathrm{C}}(u) = \left\{ \left(\hat{X}^{\mathrm{C}}\right)^{\alpha} - (x^{\mathrm{CL}} + q x^{\mathrm{CF}}) - \left(\frac{z^{\mathrm{C}}}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}} \right\} \left[ \frac{1}{r - z^{\mathrm{C}}(g-1)} \right],$$

dove

$$\text{(C2)} \quad \hat{X}^{\mathrm{C}} = \left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} \;;$$

$$\text{(C3)} \quad z^{\mathrm{C}}: \; g\frac{\pi^{\mathrm{CL}}}{r+z^{\mathrm{C}}} + g^{2}\frac{\pi^{\mathrm{CF}}}{\left(r+z^{\mathrm{C}}\right)^{2}} = \frac{\left(z^{\mathrm{C}}\right)^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}} \;,$$

con $\pi^{\mathrm{CL}} = \dfrac{1}{1-\alpha}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left(\dfrac{q-\alpha}{1+\alpha}\right)^{2}\left(\dfrac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{2-\alpha}{1-\alpha}}$ e $\pi^{\mathrm{CF}} = \dfrac{1}{1-\alpha}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left(\dfrac{q-\alpha q}{1+\alpha}\right)^{2}\left(\dfrac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{2-\alpha}{1-\alpha}}$;

$$\text{(C4)} \quad x^{\mathrm{CL}} = \frac{1}{1-\alpha}\left(\frac{q-\alpha}{1+q}\right)\left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} \;;$$

$$\text{(C5)} \quad x^{\mathrm{CF}} = \frac{1}{1-\alpha}\left(\frac{1-q\alpha}{1+q}\right)\left(\frac{1+q}{1+\alpha}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}} \alpha^{\frac{1}{1-\alpha}} \;.$$

Siamo a questo punto in grado di confrontare le due soluzioni di mercato (Bertrand e Cournot), la soluzione di *first-best*.

Notiamo innanzitutto che (a parità di "stadio" del processo innovativo) la produzione del bene finale è inferiore al livello di ottimo sociale in entrambe le soluzioni di mercato (confronto tra le equazioni (F2), (B2), e (C2)). Ciò è, ovviamente, dovuto all'inefficienza statica associata alle due soluzioni di mercato: in entrambi i casi il prezzo d'equilibrio di un "paniere equivalente" di beni intermedi supera il saggio marginale di trasformazione unitario, e dunque la produzione del bene finale è sub-ottimale.

Nel caso di competizione alla Cournot, inoltre, la permanenza sul mercato di imprese meno efficienti individua una fonte addizionale di inefficienza statica: a parità di produzione del bene finale, l'impiego di quest'ultimo nella produzione di beni intermedi risulta maggiore sia rispetto alla soluzione di first-best, sia rispetto al caso di competizione alla Bertrand (confronto tra le espressioni in parentesi graffa delle equazioni (F1), (B1) e (C1)).

Dunque, confrontando le due soluzioni di mercato, l'inefficienza statica è maggiore nel caso di competizione alla Cournot sia perchè il prezzo d'equilibrio dei beni intermedi è maggiore, sia per lo spreco di risorse dovuto alla permanenza sul mercato di imprese meno efficienti.

Passando alla dimensione dell'efficienza dinamica (confronto tra le equazioni (F3), (B3) e (C3)), come nella generalità dei modelli neo-shumpeteriani le due soluzioni di mercato possono esibire sia sotto-investimento (*hazard rate* inferiore a quello di first-best) che sovra-investimento (*hazard-rate* superiore a quello di first-best) in *R&D*.

In generale, infatti, l'investimento in *R&D* d'equilibrio risente di quattro effetti che non operano nella stessa direzione rispetto all'investimento socialmente ottimale:

- effetto "*obsolescenza*" - il *leapfrogging* e, quindi, la "distruzione creativa" che gli innovatori successivi operano rispetto ai profitti dell'innovatore "corrente" impediscono che l'intero valore sociale dinamico (funzione pionieristica) dell'innovazione corrente si "internalizzi" negli incentivi privati all'investimento in *R&D*;

- effetto di "*inefficienza statica*" (appropriabilità) - i profitti associati allo sfruttamento di mercato di ciascuna innovazione non ne riflettono per intero il valore sociale "statico" (prezzo d'equilibrio sopra il costo marginale e domanda elastica sul mercato di impiego delle innovazioni);

- effetto di "*business stealing*" - ciascun innovatore di successo si appropria di una parte dei profitti degli innovatori precedenti, e, quindi, di una parte del valore sociale delle innovazioni precedenti, per l'intera durata della sua leadership sul mercato di impiego delle innovazioni;

- effetto di *duplicazione dello sforzo* nell'attività di *R&D* associato alla natura (*one-prize competition*) ed al grado di concorrenzialità (*free-entry*) delle gare per l'innovazione.

I primi due effetti (*obsolescenza* ed *inefficienza statica*) operano nella direzione del sotto-investimento, gli ultimi due (*business stealing* e *duplicazione dello sforzo*) nella direzione opposta.

Nel modello in esame la possibilità di sovra-investimento può essere mostrata limitandosi al confronto tra l'investimento (*hazard rate*) di first-best e l'investimento (*hazard rate*) della soluzione di mercato con competizione alla Bertrand, dato che, come dimostrato nelle sezioni precedenti, quest'ultimo è sempre inferiore all'investimento (*hazard rate*) d'equilibrio associato al caso con competizione alla Cournot.

Confrontiamo, quindi, le due condizioni (F3) e (B3).

Gli effetti di *inefficienza statica*, *business stealing* e *duplicazione dello sforzo* si evincono dalle espressioni al numeratore delle due condizioni. In particolare, l'effetto dovuto all'inefficienza statica risulta dal confronto tra il valore sociale della produzione di bene intermedio, $\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)$, ed il profitto di Bertrand, $\left(q-1\right)q^{-\frac{1}{1-\alpha}}\alpha^{\frac{1}{1-\alpha}}$. Essendo $q<\frac{1}{\alpha}$, il primo risulta sicuramente superiore al secondo.

L'effetto di *duplicazione dello sforzo* è riconducibile alla presenza del fattore $\beta < 1$ al numeratore della (F3), assente, invece, nel numeratore della (B3). Tale differenza deriva direttamente dalla condizione che fissa l'investimento aggregato in *R&D* nei due casi: l'annullamento del rendimento marginale atteso dell'investimento, nella soluzione di first-best; l'annullamento del rendimento medio atteso (*free-entry condition*) nella soluzione di mercato.

L'effetto di *business stealing* si rintraccia nella presenza dell'intero fattore di crescita (dei profitti), g, al numeratore della (B3) invece del solo tasso di crescita (incremento di valore sociale apportato da ogni singola innovazione), g-1, che compare al numeratore della (F3).

Infine, l'effetto di *obsolescenza* emerge dalla differenza tra le espressioni al denominatore nelle due condizioni ("fattori di sconto" aggiustati per la probabilità che intervengano innovazioni successive) : nella soluzione di mercato l'intervento dell'innovazione successiva interrompe il flusso di profitti dell'innovatore corrente e, quindi, z (probabilità dell'innovazione successiva) aumenta il "tasso di sconto"; di contro, la soluzione di *first-best* incorpora nel valore sociale dell'innovazione corrente la sua funzione pionieristica rispetto all'innovazione successiva, diminuendo il "tasso di sconto" in funzione della probabilità dell'innovazione successiva (in misura pari al prodotto della probabilità z per il valore sociale dell'innovazione corrente "incorporato" nell'innovazione successiva, $\beta$ (g-1)).

La composizione degli effetti ora analizzati può condurre sia al risultato di sotto-investimento, che a quello di sovra-investimento nella soluzione di mercato con competizione alla Bertrand.

La tabella allegata in fondo alla presente sezione mostra una simulazione numerica del modello che presenta tale varietà di risultati: sovra-investimento sia con Bertrand che con Cournot per valori bassi dell'ampiezza delle innovazioni; sotto-investimento con Bertrand e sovra-investimento con Cournot per innovazioni di ampiezza più elevata; sotto-investimento in entrambe le soluzioni di mercato per innovazioni di ampiezza prossima alla soglia di drasticità.

Ricapitolando, le due soluzioni di mercato possono esibire sia sovra-investimento che sotto-investimento; nel caso di competizione alla Cournot sia l'inefficienza statica che il livello di investimento d'equilibrio sono maggiori rispetto al caso di competizione alla Bertrand.

Di conseguenza, nel caso di sovra-investimento in entrambe le soluzioni di mercato, il benessere sociale risulterà sicuramente maggiore nel caso di competizione alla Bertrand (meno inefficienza statica e minore sovra-investimento in *R&D*).

In presenza, invece, di sotto-investimento in entrambe le soluzioni di mercato il confronto in termini di benessere si risolve nel *trade-off* classico tra inefficienza statica ed inefficienza dinamica.[24]

Simulazione numerica

$\beta = \frac{1}{2}$ ; $r = \frac{1}{4}$ ; $\lambda = \frac{1}{4}$ ; $\alpha = \frac{2}{3}$ ; $q \in [1.05 ; 1.5]$ . Innovazioni drastiche per q = 1.5

| q | $\tilde{z}$ | $z^B$ | $z^C$ |
|---|---|---|---|
| 1.05 | 0.003 | 0.004 | 0.019 |
| 1.1 | 0.006 | 0.007 | 0.019 |
| 1.15 | 0.009 | 0.009 | 0.018 |
| 1.2 | 0.012 | 0.012 | 0.018 |
| 1.25 | 0.016 | 0.014 | 0.018 |
| 1.3 | 0.02 | 0.016 | 0.018 |
| 1.35 | 0.023 | 0.018 | 0.019 |
| 1.4 | 0.028 | 0.02 | 0.02 |
| 1.45 | 0.032 | 0.022 | 0.022 |
| 1.5 | 0.036 | 0.023 | 0.024 |

**Conclusioni**

La motivazione fondamentale del modello presentato nella seconda parte del lavoro era di indagare in modo esplicito la relazione tra struttura competitiva del mercato di impiego delle

[24] Il caso rimanente, sotto-investimento con Bertrand e sovra-investimento con Cournot, può risolversi sia nella direzione del *trade-off classico* tra maggiore inefficienza statitica (Cournot) e maggiore inefficienza dinamica (Bertrand), sia nella direzione in cui entrambe le forme di inefficienza sono minori nel caso con competizione alla Bertrand.

innovazioni e crescita conservando il grado di "apertura" della competizione tecnologica che caratterizza il modello neo-shumpeteriano "standard".

Il risultati ottenuti confermano la chiave di lettura della letteratura rivista nella prima parte del lavoro: mantenendo elevato il grado di competizione tecnologica, gli effetti sulla crescita di una maggiore competizione sul mercato del prodotto sono di segno negativo.

A generare tali risultati concorrono due effetti di segno negativo che una maggiore intensità della competizione (competizione di prezzo) esercita sugli incentivi ad innovare e sulla crescita.

Entrambi gli effetti diminuiscono la prospettiva di profitto associata all'investimento in *R&D* nelle gare competitive per l'innovazione.

Il primo effetto (statico) consiste nella maggiore erosione dei profitti dell'innovatore di successo nel suo periodo di *leadership* tecnologica nel caso in cui il *leader* ed il *follower* tecnologico competono alla Bertrand. Tale effetto riproduce in modo rigoroso l'effetto di "appropriabilità" su cui si basa l'intuizione del *trade-off* tra competizione e crescita nel modello neo-shumpeteriano "standard".

Il secondo effetto (dinamico) consiste nella possibilità di rimanere sul mercato (nella posizione di impresa meno efficiente) che la competizione alla Cournot garantisce all'innovatore "corrente" anche dopo l'ingresso sul mercato dell'innovatore successivo, dotato di una tecnologia più efficiente. Di contro, la competizione di prezzo seleziona istantaneamente le imprese meno efficienti eliminandole dal mercato, e quindi la prospettiva di profitto di ciascun innovatore è limitata nel tempo al suo periodo di *leadership* tecnologica.

Questo secondo effetto indivua, inoltre, nello spreco di risorse dovuto alla sopravvivenza di imprese meno efficienti una fonte addizionale di inefficienza statica associata ad una minore intensità della competizione sul mercato di impiego dell'innovazione (competizione alla Cournot).

Il confronto tra le due forme di interazione oligopolistica sotto il profilo normativo dipende dalla presenza di *sotto-investimento* o *sovra-investimento in R&D* nelle soluzioni di mercato rispetto alla soluzione di *first-best*. Se entrambe le soluzioni di mercato presentano *sotto-investimento* il confronto si risolve nel *trade-off* classico tra maggiore inefficienza statica (associata alla competizione alla Cournot) e maggiore inefficienza dinamica (associata alla competizione alla Bertrand). Di contro, se in entrambe le soluzioni di mercato vi è *sovra-investimento* il benessere sociale risulta maggiore nel caso di competizione alla Bertrand (minore inefficienza statica e minore inefficienza dinamica).

Tornando alla relazione tra il grado di apertura della competizione tecnologica ed il segno del legame tra competizione e crescita, può essere utile confrontare il nostro risultato con quello, di segno opposto, che emerge nei modelli *step-by-step*, i quali procedono allo stesso confronto tra le due forme di competizione oligopolistica.

La differenza fondamentale nei due risultati può essere spiegata ragionando sulla diversa struttura degli incentivi all'innovazione in funzione della posizione occupata sul mercato di impiego delle innovazioni.

Il minor grado di concorrenza tecnologica che caratterizza il meccanismo di rincorsa a passi dei modelli *step-by-step* è in grado di produrre una struttura degli incentivi all'innovazione che risponde favorevolmente all'effetto di "minaccia competitiva" che proviene dall'interno del mercato (differenziale tra i profitti di chi vince ed i profitti chi perde la competizione tecnologica). Quest'ultimo, a sua volta, si rafforza con l'intensità della concorrenza sul mercato del prodotto.

Di contro, il grado di concorrenzialità nelle gare per l'innovazione che caratterizza il modello "standard" comporta una struttura degli incentivi all'innovazione in cui domina l'effetto profitti (differenziale tra i profitti che si guadagnano vincendo la gara per l'innovazione ed i profitti correnti). In tal caso prevalgono gli incentivi ad innovare degli ousiders, ed una maggiore competitività del mercato del mercato del prodotto ne riduce le prospettive di profitto associate all'innovazione. Con ciò si riduce l'investimento in R&D e la crescita.

Concludiamo indicando alcuni sviluppi possibili del modello presentato nella seconda parte del lavoro. Innanzitutto abbiamo limitato l'analisi al caso delle innovazioni quasi-drastiche e, quindi, di duopolio sul mercato di impiego delle innovazioni. Un'estensione nella direzione di un numero più elevato di imprese contemporaneamente attive sul mercato, assumendo innovazioni di ampiezza più contenuta, potrebbe risultare interessante sia sotto il profilo dell'analisi della struttura degli incentivi ad innovare, sia per il maggiore spazio lasciato all'effetto di eliminazione delle imprese meno efficienti associato ad una competizione più intensa sul mercato del prodotto.

Un'altra estensione interessante potrebbe consistere nel rendere endogena l'ampiezza delle innovazioni. Intuitivamente, l'effetto di erosione dei profitti associato alla competizione di prezzo potrebbe indurre i potenziali innovatori a passi innovativi di ampiezza maggiore rispetto al caso con competizione alla Cournot.

Mantenendo, invece, immutato il modello presentato in questo lavoro, potrebbe essere interessante estendere l'analisi al caso in cui il *leader* tecnologico "corrente" e l'innovatore al passo innovativo precedente possano colludere sul mercato del bene intermedio. In tal caso le due forme altrenative di competizione, Bertrand e Cournot, individuerebbero differenti "disagreement points" nella contrattazione per lo sfruttamento congiunto di due brevetti consecutivi in grado di assicurare, in caso di accordo, il monopolio del mercato. Il flusso dei profitti associati a ciascuna innovazione e gli incentivi all'investimento in R&D risentirebbero, ovviamente, della differenza nei "disagreement points". In particolare, rispetto alla soluzione senza possibilità di collusione presentata in questo lavoro, ciascun brevetto verrebbe a conservare un valore positivo dopo l'intervento dell'innovazione successiva anche nel caso in cui, in assenza di accordo, vi fosse competizione alle Bertrand.

Infine, in sede di analisi normativa, potrebbe essere interessante indagare il grado "ottimale" di concorrenzialità parametrizzando in modo continuo le forme di interazione oligopolistica sul mercato di impiego delle innovazioni secondo un modello basato sulle variazioni congetturali.

**Bibliografia**

[1] Aghion, P., R.W.Blundell, N.Bloom and R.Griffiths (2001), "Empirical estimates of the relationship between product market competition and innovation", *mimeo*

[2] Aghion, P., M. Dewatripont and P.Rey (1997), "Corporate governance, competition policy and industrial policy", *European Economic Review, vol.41*

[3] Aghion, P., M. Dewatripont and P.Rey (1999), "Competition, financial discipline and growth", *Review of Economic Studies, vol.66*

[4] Aghion, P. and P. Howitt (1992), "A Model of Growth through creative destruction", *Econometrica, vol.60*

[5] Aghion, P. and P. Howitt (1996), "Research and Development in the growth process", *Journal of Economic Growth, vol.1*

[6] Aghion, P. and P. Howitt (1997), "Endogenous Growth Theory", *Cambridge (Mass.), MIT Press*

[7] Aghion, P. and P. Howitt (1998), "Market Structure and the Growth Process", *Review of Economic Dynamics, vol.1*

[8] Aghion, P., C. Harris and J. Vickers (1997), "Competition and Growth with step-by-step Innovation: An Example" , *European Economic Review, vol.41*

[9] Aghion, P., C. Harris, P. Howitt and J. Vickers (2000), "Competition, Imitation and Growth with step-by-step Innovation", *Review of Economic Studies, vol.68*

[10] Arrow, K. (1962), "Economic welfare and the allocation of resources for invention", in R.Nelson (ed.), "The rate and the direction of innovative activity", *Princeton, Princeton University Press*

[11] Barro, R. J. and X. Sala-i-Martin (1995), "Economic Growth", *New York, Mc Growth Hill*

[12] Beath, J., Y. Katsoulacos and D. Ulph (1989), "Strategic R&D Policy", *The Economic Journal*

[13] Blundell, R., R.Griffiths and J.Van Reenan (1995), “Dynamic count data models of technological innovations”, *Economic Journal, vol.105*

[14] Caballero, R.J. and A.B. Jaffè (1993), “How high are the giants’ shoulders: An empirical assessment of knowledge spillovers and creative destruction in a model of economic growth”, in “NBER Macroeconomics Annual”, *Cambridge (Mass.), MIT Press*

[15] Denicolò, V. (2001), “Growth with Non-Drastic Innovations and the Persistence of the Leadership”, *European Economic Review, vol.45*

[16] Grossman, G.M., and E.Helpman (1991), “Innovation and Growth in the Global Economy”, *Cambridge (Mass.), MIT Press*

[17] Nickell, S.J. (1994), “Competition and Corporate Performance”, *Institute of Economics and Statistics, Oxford UK*

[18] O’Donague, T., and Zweimuller (1998), “Patents in a model of endogenous growth”, *CEPR Discussion Paper n. 1951*

[19] Reinganum, J. (1983), “Uncertain Innovations and the Persistence of Monopoly”, *American Economic Rewiew, vol.73*

[20] Segerstrom, P., C. Anant and Dinoupolos (1990), “A Shumpeterian Model of Product Cycle”, *American Economic Rewiew, vol.80*

[21] Smulders, S., and T.Van de Klundert (1995), “Imperfect Competition, concentration and growth with firm-specific R&D”, *European Economic Review, vol.39*

[22] Sutton, J. (1991), “Sunk costs and market structure: price competition, adversiting, and the evolution of concentration”, *Cambridge (Mass.), MIT Press*

[23] Van de Klundert, T.,and S.Smulders (1997), “Growth, competition and welfare”, *Scandinavian Journal of Economics, vol.99*

## Appendice

Intendiamo verificare che le ipotesi di *leapfrogging* ad ogni passo innovativo ed investimento in equilibrio solo da parte degli *outsiders* siano coerenti con la struttura degli incentivi ad innovare nel caso di innovazioni “*quasi-drastiche*”.
Condurremo tale verifica in un contesto di equilibrio parziale, isolando due innovazioni dalla catena infinita del modello generale.
Supponiamo che, nell’economia descritta dal modello :

- la seconda innovazione sia l’ultima possibile;
- le “posizioni” raggiunte dopo la seconda innovazione sul mercato del bene intermedio diventino permanenti ;
- i profitti che vi si associano (in funzione della struttura della competizione) diventino un flusso costante nel tempo.

Supponiamo, inoltre, che la prima innovazione sia già stata ottenuta, ed analizziamo il gioco di *R&D* per ottenere la seconda.
La situazione "corrente" sul mercato del bene intermedio sarà già quella descritta nella sezione 1 per entrambe le forme di competizione (Bertrand e Cournot): un leader ed un follower tecnologico (con la coppia di profitti di equilibrio prevista nei due casi, commisurata allo stadio $K=1$ del processo innovativo) e gli outsiders.
Il valore che tali operatori assegnano al brevetto futuro dipenderà dalle diverse prospettive di profitto sul mercato del bene intermedio dopo che la seconda innovazione è stata ottenuta.

Competizione alla Bertrand.
La tabella 1 illustra lo schema delle posizioni "correnti" ($K=1$) e delle prospettive di profitto ($K=2$) sul mercato del bene intermedio.

Tab.1 - Competizione alla Bertrand -

| Situazione "Corrente" ($K=1$) | | Profitti futuri in funzione dell'identità dell'innovatore $K+1$ (=2): | | |
|---|---|---|---|---|
| | | LEADER | FOLLOWER | OUTSIDERS |
| LEADER | $g\pi^B$ | $g^2\ \pi^M$ | 0 | 0 |
| FOLLOWER | 0 | 0 | $g^2\ \pi^B$ | 0 |
| OUTSIDERS | 0 | 0 | 0 | $g^2\ \pi^B$ |

Dopo la prima innovazione, il *leader* "corrente" si trova con i profitti di Bertrand (commisurati a $K=1$), il *follower* appartiene di fatto alla categoria degli *outsiders* e, come questi, non fa profitti.
Se il *leader* "corrente" ottiene il secondo brevetto si assicura permanentemente i profitti di monopolio (commisurati a $K=2$), mentre le altre due categorie rimangono fuori dal mercato. Se ad innovare è un *outsider* (*follower* tecnologico compreso) la sua prospettiva di profitto corrisponde ai profitti di Bertrand (commisurati a $K=2$), ed è il *leader* tecnologico "corrente" ad uscire dal mercato.
Passando all'analisi del gioco, indichiamo con $n^L$ , $n^O$ ed $n^o$, rispettivamente, l'investimento in R&D del leader, l'investimento aggregato degli outsiders e l'investimento di uno di essi .
Dato l'investimento aggregato, $n$, il profitto istantaneo atteso da un *outsider* sarà

$$\frac{n^o}{n} h(n) \frac{g^2 \pi^B}{r} - n^o \ .$$

Dunque, la condizione di *free-entry* impone:

$$\frac{h(n)}{n} \frac{g^2 \pi^B}{r} = 1 \tag{A1}$$

La (A1) fissa l'investimento aggregato d'equilibrio. Ciò significa che la funzione di risposta ottimale "aggregata" degli *outsiders* ha inclinazione pari a -1.
Passando al *leader tecnologico*, il valore "corrente" del brevetto che già possiede, $V^L$ , è determinato dalla condizione di arbitraggio:

$$r\, V^L = g\pi^B - h(n)\, V^L + \frac{n^L}{n} h(n) \frac{g^2 \pi^M}{r} - n^L \tag{A2}$$

In parole, le attività finanziarie emesse dal *leader* devono garantire un tasso rendimento istantaneo pari al tasso di interesse di mercato; il rendimento istantaneo è pari ai profitti "correnti" diminuiti dell'investimento ed al netto della variazione (istantanea) attesa del valore dell'impresa (secondo e terzo termine); quest'ultima, infine, è pari alla perdita attesa dell'intero valore del primo brevetto a causa dell'intervento della nuova innovazione (secondo termine) aumentata del guadagno atteso associato all'eventualità che sia il leader a vincerne il brevetto.

La funzione di risposta ottimale del *leader* si ottiene risolvendo la (13) in $V^L$ e massimizzando rispetto ad $n^L$ , tenendo fisso l'investimento aggregato degli *outsiders*, $n^O$.
Tralasciamo di scrivere per esteso la condizione di primo ordine limitandoci a discuterla, in corrispondenza del valore d'equilibrio dell'investimento aggregato fissato dalla (A1), nei due casi estremi: $n^O = 0$ (incentivi "*stand-alone*" del *leader*); $n^O = n$ (massimo effetto di "*minaccia competitiva*" sugli incentivi del leader)[25].
Il fine che ci prefiggiamo è di accertare se, nell'intervallo che individua le innovazioni *quasi-drastiche*, esiste un equilibrio del gioco nel quale, al livello dell'investimento aggregato fissato dalla condizione di *free-entry* (vale a dire, nell'ipotesi che gli *outsiders* investano), gli incentivi del leader non siano sufficienti ad indurlo ad investire.
Ponendo $n^O = 0$, la condizione di primo ordine assume la seguente espressione:

$$h'(n)\frac{g^2\pi^M - g\pi^B}{r} - \frac{h(n) - nh'(n)}{r} - 1 = 0 \qquad \text{(A3)}$$

Risolvendo la (A1) rispetto ad *r* e sostituendo nella (A3) otteniamo:

$$\frac{nh'(n)}{h(n)}\,\frac{g\ \pi^M - \pi^B}{g\ \pi^B} - \frac{h(n) - nh'(n)}{r} - 1 = 0 \qquad \text{(A3')}$$

Il primo termine nella (14') fornisce un'indicazione dell'effetto "*replacement*" sugli incentivi "*stand-alone*" del *leader*: questi ultimi dipendono dalla differenza tra i profitti che il nuovo brevetto assicurerebbe al leader corrente (monopolio) ed i suoi profitti iniziali; di contro, gli incentivi degli outsiders riflettono integralmente la (loro) prospettiva di profitto associata al secondo brevetto.
Ora, poichè la funzione *h(n)* è debolmente concava e si annulla nell'origine,

$$h(n) - nh'(n) > 0$$

$$\frac{nh'(n)}{h(n)} < 1.$$

D'altro canto, facendo tendere l'ampiezza dell'innovazione, *q*, all'estremo superiore dell'intervallo di "quasi-drasticità", $\frac{1}{\alpha}$ , i profitti di Bertrand tendono ai profitti di monopolio, ed il termine $\frac{g\ \pi^M - \pi^B}{g\ \pi^B}$ assume il valore limite $\frac{g-1}{g} < 1$.
Dunque, all'estremo superiore dell'intervallo di *quasi-drasticità* l'espressione di sinistra della (A3') è sicuramente negativa ed il leader non investe in *R&D*. Per continuità, tale risultato deve valere in un intervallo interno a quello di "*quasi-drasticità*".
La dimostrazione che gli incentivi "stand-alone" del *leader* (rispetto a quelli degli *outsiders*) non sono sufficienti ad indurlo ad investire in un intervallo interno alla zona di "quasi drasticità", non dimostra ancora che in tale zona sia possibile un equilibrio in cui il leader non investe.
Vi è, infatti, la possibilità che i suoi incentivi ad innovare, lungo la funzione di risposta ottimale, crescano con $n^O$ , e ciò in ragione del fatto che l'effetto *replacement* si indebolisce via via che il *leader* considera più elevata la "minaccia competitiva" degli outsiders[26].
Passiamo, quindi, a discutere la condizione di primo ordine del *leader* per $n^O = n$. Si ottiene la seguente espressione:

$$\left[\frac{h(n)}{n}\frac{g^2\pi^M}{r} - 1\right]\left(h(n) + r\right) - h'(n)g\pi^B = 0\ ,$$

[25] Stiamo utilizzando la classificazione degli incentivi ("lungo" le funzioni di reazione) in un gioco simultaneo di *R&D* introdotta da *J.Beath, Y.Katsoulacos e D.Ulph (1989)*.
[26] Si veda Reinganum (1983) e, di nuovo, J.Beath, Y.Katsoulacos e D.Ulph (1989).

ovvero, utilizzando la condizione di *free-entry*,

$$\left[\frac{g^2\pi^M}{g^2\pi^B}-1\right]\left(h(n)+r\right) - h'(n)g\pi^B = 0. \qquad \text{(A4)}$$

Anche in questo caso, muovendo l'ampiezza delle innovazioni nella direzione dell'estremo superiore dell'intervallo di *quasi-drasticità* i profitti di Bertrand tendono ai profitti di monopolio, e nell'estremo superiore il lato di sinistra è negativo. In definitiva, nella stessa "zona" dell'intervallo delle innovazioni quasi-drastiche gli incentivi ad investire degli *outsiders* superano quelli del *leader* sia nell'ipotesi che questi valuti nullo l'investimento dei rivali, sia nell'ipotesi opposta che sia nullo il proprio investimento. In tale zona, quindi, il *leader* "corrente" non investe in R&D e si ha sostituzione della *leadership* tecnologica nella seconda innovazione.

Competizione alla Cournot .
La tabella 2 ne illustra lo schema delle posizioni "correnti" ($K=1$) e delle prospettive di profitto ($K=2$).

Tab.2 - Competizione alla Cournot -

| Situazione "Corrente" ($K=1$) | | Profitti futuri in funzione dell'identità dell'innovatore $K+1$ (=2): | | |
|---|---|---|---|---|
| | | LEADER | FOLLOWER | OUTSIDERS |
| LEADER | $g\pi^{CL}$ | $g^2\ \pi^M$ | $g^2\ \pi^{CF}$ | $g^2\ \pi^{CF}$ |
| FOLLOWER | $g\pi^{CF}$ | 0 | $g^2\ \pi^{CL}$ | 0 |
| OUTSIDERS | 0 | 0 | 0 | $g^2\ \pi^{CL}$ |

Dopo la prima innovazione (prima colonna della tabella), *leader* e *follower* "correnti" sono entrambi attivi sul mercato del bene intermedio con i rispettivi profitti, $g\pi^{CL}$ e $g\pi^{CF}$.

Come nel caso precedente, se il *leader* "corrente" ottiene il secondo brevetto (seconda colonna) è in grado di monopolizzare il mercato, ed il *follower* ne viene estromesso. Di contro, se è il *follower* "corrente" ad innovare (terza colonna), questi conquista la *leadership* tecnologica sul mercato e, quindi, i profitti da *leader* nella competizione alla Cournot, $g^2\ \pi^{CL}$; in tal caso, il *leader* del periodo precedente rimane sul mercato, ma con i profitti dell'impresa meno efficiente nella competizione oligopolistica, $g^2\ \pi^{CF}$ .

Infine, se è un *outsider* ad aggiudicarsi il secondo brevetto (terza colonna), questi si colloca nella posizione di *leader* tecnologico sul mercato ed ottiene i profitti $g^2\ \pi^{CL}$ , il *leader* del periodo precedente rimane sul mercato nella posizione di impresa meno efficiente (profitti pari a $g^2\ \pi^{CF}$ ), il *follower* tecnologico del periodo precedente rimane fuori dal mercato.
Procediamo all'analisi del gioco secondo le stesse linee seguite nel caso di competizione alla Bertrand, con la differenza che questa volta dovremo trattare gli incentivi del *follower* tecnologico corrente separatamente da quelli degli *outsiders*. Indicheremo, quindi, con $n^F$ l'investimento in R&D del *follower.*
Nel caso in esame, il valore atteso del secondo brevetto per un *outsider* sarà

$$\frac{n°}{n}h(n)\frac{g^2\pi^{CL}}{r}-n°,$$

e, quindi, la condizione di *free-entry* diventa:

$$\frac{h(n)}{n}\frac{g^2\pi^{CL}}{r}=1. \qquad \text{(A5)}$$

Come nel caso precedente, quest'ultima fissa l'investimento aggregato di equilibrio.

Le condizioni di arbitraggio sul valore di mercato delle due imprese attive nel periodo "corrente", il *leader* ed il *follower*, saranno, rispettivamente:

$$rV^L = g\,\pi^{CL} - h(n)\,V^L + \frac{n^L}{n}\,h(n)\,\frac{g^2\pi^M}{r} + \frac{n-n^L}{n}\frac{g^2\pi^{CF}}{r} - n^L \qquad \text{(A6)}$$

$$rV^F = g\,\pi^{CF} - h(n)\,V^F + \frac{n^L}{n}\,h(n)\,\frac{g^2\pi^{CL}}{r} - n^F. \qquad \text{(A7)}$$

L'interpretazione delle due condizioni è del tutto analoga a quella fornita alla condizione di arbitraggio nel caso di competizione alla Bertrand (equazione (A2)); l'unica differenza da sottolineare è la presenza nella (18) del termine aggiuntivo $\frac{n-n^L}{n}\frac{g^2\pi^{CF}}{r}$ a rappresentare la permanenza sul mercato del *leader* "corrente" anche nel caso in cui il secondo brevetto venga ottenuto dai suoi rivali.
L'analisi degli incentivi "stand-alone" del *leader* $(n^F + n^0 = 0)$, conduce alla seguente espressione:

$$\frac{nh'}{h}\frac{g\,\pi^M - \pi^{CL}}{g\,\pi^{CL}} - \frac{h(n)-nh'(n)}{r} - 1 = 0, \qquad \text{(A8)}$$

analoga alla (A3') del caso di competizione alla Bertrand. Rispetto a quest'ultima, l'effetto "*replacement*" risulta più forte, sia perchè i profitti iniziali del *leader* sono più elevati $(\pi^{CL} > \pi^B)$, sia in perchè gli *outsiders* valutano di più il secondo brevetto $(g\pi^{CL} > g\pi^B)$.
Anche nel caso in esame l'espressione di sinistra è sicuramente negativa nell'estremo superiore dell'intervallo delle innovazione *quasi-drastiche*, poichè anche i profitti del *leader* di Cournot tendono ai profitti di monopolio.

Le conclusioni raggiunte discutendo la (A3') risultano, quindi, rafforzate: l'intervallo in cui il leader non ha incentivi "*stand-alone*" ad investire è più ampio.
Proseguendo l'analisi degli incentivi del *leader*, esaminiamo il caso in cui la "minaccia competitiva" dei rivali "è massima, $n^F + n^0 = n$. Si ottiene l'espressione:

$$\left[\frac{g^2\pi^M}{g^2\pi^{CL}} - 1\right]\left(h(n)+r\right) - h'(n)g\left(\pi^{CL} - g\pi^{CF}\right) = 0 \qquad \text{(A8')}$$

Ricordando che i profitti del *follower* nella competizione di Cournot si annullano nell'estremo superiore dell'intervallo delle innovazione *quasi-drastiche*, è immediato verificare che il termine di sinistra della (A8') è, in quel punto, negativo, ed arrivare alle stesse conclusioni raggiunte nel caso di competizione alla Bertrand sull'esistenza di un intervallo in cui il *leader* non ha incentivi ad investire in equilibrio.
Passando agli incentivi del *follower*, si ottengono le seguenti espressioni:

$$\frac{nh'}{h}\frac{g\,\pi^{CL} - \pi^{CF}}{g\,\pi^{CL}} - \frac{h(n)-nh'(n)}{r} - 1 = 0 \quad (\text{per } n^L + n^0 = 0) \qquad \text{(A9)}$$

$$\left[\frac{g^2\pi^{CL}}{g^2\pi^{CL}} - 1\right]\left(h(n)+r\right) - h'(n)g\pi^{CF} = 0 \qquad (\text{per } n^L + n^0 = 0). \qquad \text{(A9')}$$

Come è facile constatare utilizzando le informazioni sulla funzione *h(n)*, i temini di sinistra di entrambe le espressioni sono sempre negativi senza che vi sia la necessità di indagarne il segno all'interno dell'intervallo delle innovazioni *quasi-drastiche*. Dunque in tutto l'intervallo gli incentivi del *follower* (rispetto a quelli degli *outsiders*) non sono sufficienti ad indurlo ad investire in *R&D*.
Intuitivamente, l'effetto "*replacement*" è massimo nel caso del *follower*, in quanto la sua prospettiva di profitto futuro associato alla seconda innovazione è identica a quella degli *outsiders,* mentre i suoi profitti correnti ne riducono il guadagno differenziale.