Regolamentazione Parziale di Quantità*

Etienne Billette de Villemeur[†] Annalisa Vinella[‡]

Sommario

I segmenti competitivi delle *utilities*, già strutturate quali monopoli pubblici verticalmente integrati, tendono oggi ad essere scorporati e (talora) privatizzati e ad evolversi in oligopoli parzialmente regolati. In questi ultimi, l'ex monopolista è soggetto a vincoli regolatori mentre i concorrenti operano incontrollati, quand'anche strategici. Ispirandoci a tale realtà, proponiamo un meccanismo di *regolamentazione parziale* per un oligopolio privato *à la* Cournot. Questo schema, basato su dati correnti di costo e prestazioni pregresse, converge all'equilibrio di oligopolio misto di Nash-Cournot mediante iterazione in più periodi.

Parole chiave: Regolamentazione parziale; Quantità; Implementazione

Classificazione *J.E.L.*: L97; L51

*Gli autori desiderano ringraziare Paolo Bertoletti, Massimo Marrelli, i partecipanti alla XVI Riunione Scientifica Siep (Pavia) e due revisori anonimi per i loro preziosi commenti e suggerimenti.

†Toulouse School of Economics, IDEI e GREMAQ (France)

‡Università di Bari, Dipartimento di Scienze Economiche (Italia); Toulouse School of Economics, GREMAQ (France). E-mail: a.vinella@dse.uniba.it

1 Introduzione

Negli ultimi decenni, il modello dei monopoli di Stato, che era stato pervasivamente adottato nel secondo dopoguerra per la fornitura di servizi d'interesse generale e prevedeva l'annessione delle attività in monopoli verticalmente integrati, controllati e posseduti dallo Stato, è progressivamente tramontato a fronte di crescenti problemi d'investimento, efficienza e bilancio. *Utilities* quali telecomunicazioni ed energia hanno quindi conosciuto un processo di ampia riorganizzazione.

I segmenti privi dell'attributo intrinseco di monopolio naturale sono stati scorporati dalle strutture preesistenti, aperti alla concorrenza e, in numerosi casi, privatizzati[1]. Nuove imprese sono entrate. Talune attività sono state trasferite ad altri operatori. I segmenti in oggetto stentano, tuttavia, ad acquisire strutture perfettamente concorrenziali e restano piuttosto concentrati, nonostante l'introduzione di nuove tecnologie a scala relativamente piccola. Trattasi dunque di oligopoli che, in quanto tali, pervengono a prestazioni socialmente inefficienti, qualora non s'impedisca agli operatori di esercitare il potere di mercato di cui sono dotati. A titolo illustrativo, si consideri la produzione di elettricità. In numerosi paesi, l'energia è divenuta oggetto di contrattazione nei Pool secondo meccanismi d'asta. In principio, i mercati *spot* dovrebbero assicurare risultati efficienti (cfr. Laffont e Tirole [26]). Sovente la realtà si rivela più complessa. I generatori hanno incentivo a limitare la disponibilità degli impianti pronti alla produzione, onde mantenere i prezzi elevati (cfr. Green [21]).

In taluni contesti, l'ex monopolista resta tuttora un'impresa pubblica. Attualmente esso è però soggetto alla concorrenza di imprese private, spesso più efficienti[2]. Finché l'impresa pubblica persegue obiettivi di benessere sociale, compatibilmente con le esigenze di bilancio, mentre gli operatori privati aspirano al conseguimento di profitti, si configura un oligopolio misto, nel quale l'esercizio del potere di mercato è meno importante che in un oligopolio privato[3]. L'equilibrio che ne risulta

[1] Martimort [27] riporta che, secondo Bortolotti e Siniscalco (2003), le *utilities* rientrano fra i settori interessati dall'ondata di privatizzazioni che hanno fruttato maggiori introiti. De Vincenti [20] precisa che, in taluni casi, il processo è stato finalizzato a rimpinguare le casse statali mediante operazioni di finanza straordinaria, più che a promuovere efficienza e investimenti.

[2] In genere, l'impresa pubblica eredita dal passato sacche d'inefficienza (cfr., ad esempio, Cremer, Marchand e Thisse [14]), che i privati non presentano e che difficilmente possono essere riassorbite nell'immediato.

[3] Secondo la definizione di De Fraja e Delbono [17], gli oligopoli misti sono mercati concentrati nei quali la funzione obiettivo di almeno una delle imprese differisce da quelle delle concorrenti. In particolare, mentre non è pensabile che il benessere sociale sia obiettivo spontaneamente perseguito dai produttori privati, esso costituisce la ragione ultima dell'esistenza di imprese pubbliche. Degli oligopoli misti si è occupato un filone di letteratura relativamente ampio, inaugurato da Merrill and Schneider [28] e portato avanti successivamente da una pluralità di autori. Si ricordino, ad esempio, i lavori dei già citati De Fraja e Delbono [16] e [17], di Cremer, Marchand e Thisse [14] e di Grilo [22], nonché le rassegne di De Fraja e Delbono [15] e di Nett [29]. Questi modelli assumono che

garantisce un livello di benessere sociale inferiore rispetto all'equilibrio di *secondo ottimo*, che emergerebbe qualora tutti gli operatori agissero nell'interesse collettivo (ovvero, qualora l'industria fosse nazionalizzata e in assenza di conflitti d'interesse) soddisfacendo, al contempo, il vincolo di bilancio. Tuttavia, se sostenibile, l'equilibrio dell'oligopolio misto è preferibile a quello cui perviene la libera concorrenza, necessariamente imperfetta, tra operatori privati. Esso è, infatti, associato al più elevato livello di benessere raggiungibile quando, non potendo intervenire sull'intera industria per ragioni politiche o di altra natura, si disponga di un unico strumento di controllo a fronte delle strategie ottimizzanti di concorrenti privati tecnologicamente più efficienti[4].

Più di frequente, tuttavia, il monopolista è divenuto un'impresa privata, che concorre con un numero contenuto di rivali, anch'essi privati. Negli oligopoli privatizzati, manca ormai un operatore pubblico che possa imporre disciplina all'industria. Si richiedono, pertanto, forme alternative d'intervento dello Stato, quali la regolamentazione, un'esigenza che la liberalizzazione non è valsa evidentemente a rimuovere. Con riferimento ai segmenti competitivi delle *utilities*, tale conclusione è rafforzata dalla circostanza che essi eroghino servizi d'interesse generale. Anche negli scenari in cui l'ex monopolista è tuttora di proprietà pubblica è necessario armonizzare gli obiettivi dello stesso con quelli della collettività, affinché l'esigenza di efficienza non si volga a detrimento degli aspetti *sociali* del servizio pubblico.

Per semplicità espositiva, nel prosieguo del lavoro, ci avvarremo della denominazione di *oligopoli privati* con riferimento tanto a quelli in cui tutte le imprese sono di proprietà privata quanto a quelli misti in cui tutti gli operatori perseguono obiettivi essenzialmente commerciali.

La nazionalizzazione dell'industria conduce, in teoria, all'efficienza sociale vincolata, ovvero al secondo ottimo di cui sopra. Similmente, la regolamentazione di tutti gli operatori di settore potrebbe aspirare alla migliore prestazione fattibile, ossia allo stesso secondo ottimo, avvalendosi di tanti strumenti di controllo quanti sono gli operatori. Tuttavia, quand'anche fosse possibile ed agevole sottoporre a misure regolatorie tutti gli agenti delle industrie in oggetto, ciò che è arduo immaginare in un mondo caratterizzato da asimmetrie informative importanti, tale soluzione non

non vi siano problemi di agenzia e che non si creino difficoltà nell'istruire il dirigente dell'impresa pubblica a far propria la funzione obiettivo della collettività o, alternativamente, che dirigente e Stato abbiano i medesimi interessi.

[4] Di solito, tutti gli ottimi di grado inferiore al primo sono classificati quali secondi ottimi. Tuttavia, a rigore, ordinando gli ottimi di grado inferiore al primo per livello di benessere sociale, l'equilibrio del duopolio misto risulta un ottimo di grado inferiore al secondo. La distinzione tra secondo ottimo e ottimi di rango inferiore, operata qui e nel prosieguo del testo, aiuta ad identificare le politiche implementabili mediante intervento pubblico e quelle che non lo sono, tenuto conto dei limiti dell'intervento medesimo.

sarebbe desiderabile in termini d'incentivo all'entrata o all'investimento. Infatti, la prospettiva che la regolamentazione estragga una parte significativa delle rendite disponibili scoraggerebbe *a priori* l'accesso dei nuovi operatori, nonché l'immissione di nuovi capitali, impedendo così di trarre beneficio dall'apertura dei mercati. Al contrario, onde evitare d'inibire accesso ed investimenti, è necessario che lo Stato s'impegni ad esentare le nuove imprese dall'imposizione di vincoli e si limiti ad intervenire sull'ex monopolista, mediante sistemi di *regolamentazione parziale*.

In definitiva, disponendo di un unico strumento di controllo, l'obiettivo più ambizioso cui lo Stato possa puntare negli oligopoli privati, risultanti dalla riorganizzazione dei segmenti competitivi delle *utilities*, è l'implementazione dell'equilibrio dell'oligopolio misto. Si richiede, quindi, l'elaborazione di meccanismi atti ad indurre l'impresa regolata (l'ex monopolista) a comportarsi come se fosse un'impresa pubblica, tesa a perseguire gli interessi collettivi, nel rispetto delle esigenze di bilancio.

Il principale contributo del presente lavoro consiste nell'eborazione di un meccanismo di regolamentazione parziale pensato specificamente per un oligopolio privato, inteso nell'accezione precedentemente specificata. In particolare, lo schema proposto consente d'implementare l'equilibrio di un oligopolio misto in un oligopolio privato *à la* Cournot, richiedendo una quantità limitata di informazioni e presentando un grado di sofisticazione contenuto.

Diverse sono le situazioni di mondo reale in cui i monopoli si sono effettivamente evoluti in oligopoli parzialmente regolati, nei quali gli ex monopolisti sono soggetti a controllo, non così i concorrenti. Helm e Jenkinson [24] sottolineano che, in generale, trattasi di situazioni in cui mercati di prodotti sostituti sono disponibili e la società accetta che gli operatori non regolati conseguano un certo ammontare di rendite onde favorirne l'entrata. Si pensi al caso di AT&T, operatore dominante regolato nella telefonia sulla lunga distanza, in attiva concorrenza con i non regolati MCI e Spring (cfr. Biglaiser e Ma [6]). Regimi regolatori parziali sono altresì applicati al trasporto merci ferroviario e stradale in Argentina e negli Stati Uniti, nonché al settore del gas naturale e petrolio in Germania, Finlandia e Hong Kong (cfr. Helm e Jenkinson [24]).

Nell'ambito di scenari così strutturati, regolamentazione e pratiche concorrenziali risultano mutuamente dipendenti e si pone una questione di fondamentale rilievo: non si può *a priori* supporre che i tradizionali meccanismi regolatori, pensati per il monopolio, si applichino con successo anche a settori in regime di concorrenza imperfetta. I meccanismi utilizzati in pratica, primo fra tutti il *price cap*, mancano di esplicita e completa fondazione normativa con riferimento a queste situazioni[5]. La

[5]Per un contributo in questa direzione, cfr. Bergantino, Billette de Villemeur e Vinella [4], i

volontà di preservare in attività gli ex monopolisti, esponendoli al contempo a pressione competitiva, origina tensioni precedentemente estranee al processo regolatorio e si rende necessario conciliare gli interessi dei consumatori con quelli delle imprese dominanti e dei nuovi operatori[6]. In ragione della cresciuta complessità delle industrie interessate, l'assetto istituzionale richiede un globale ripensamento, ciò che spiega l'interesse del presente studio. A nostro giudizio, è necessario affrontare i problemi regolatori tenendo conto dello stato concorrenziale dei settori in oggetto, se non si vuole che gli oligopoli emergenti si rivelino meno efficienti dei monopoli tradizionali (malgrado questa possibilità esista anche in assenza di difetti regolatori) o, quanto meno, che non si accompagnino ulteriori perdite di controllo alle inefficienze proprie della disintegrazione. Il nostro lavoro si propone di compiere un passo in questa direzione.

La letteratura economica relativa al processo di ristrutturazione delle *utilities*, pur ampia e variegata, è, al momento, piuttosto carente in merito. In generale, essa si concentra sui due casi estremi del monopolio pubblico o privato regolato e della concorrenza imperfetta tra privati non regolati. Molti dei lavori esistenti tendono a confrontare i due scenari ed evidenziano che il numero ottimale di imprese per un'industria risulta dall'arbitraggio tra i benefici associati all'entrata di operatori addizionali (quali varietà e qualità dei prodotti, nonché riduzione delle rendite e dei costi variabili indotta dalla concorrenza) e lo svantaggio dell'eventuale duplicazione di costi fissi. Situazioni di regolamentazione parziale compaiono, invece, nelle pagine dedicate a scenari in cui un'impresa dominante ed una pluralità di imprese più piccole siano attive sul mercato, ma il Regolatore controlli direttamente solo l'attività dell'operatore dominante. In questo filone di studi, che identifica le circostanze in cui la presenza di una frangia competitiva non regolata restringe il ventaglio di opzioni disponibili al Regolatore dell'impresa dominante, gli operatori non regolati non assumono comportamenti strategici. Di contro, noi consideriamo settori caratterizzati da concorrenza imperfetta tra imprese (private) dotate di potere di mercato. Con riferimento a questi scenari, studiamo la regolamentazione della sola impresa ex monopolista.

Si osservi che obiettivo dell'intervento regolatorio che proponiamo non è consentire o bloccare l'accesso e definirne (implicitamente o esplicitamente) le condizioni.

quali elaborano un *price-and-quality cap* per oligopoli parzialmente regolati che offrono prodotti verticalmente differenziati.

[6] I primi desiderano che i servizi siano accessibili, disponibili in quantità sufficiente e poco onerosi. Le seconde, pur inibite nella loro reattività dai vincoli regolatori, destinati ad allinearne le strategie alle esigenze dei consumatori, devono adeguarsi all'evoluzione dei settori in cui operano. Per i terzi, giocatori strategici sui quali l'autorità non esercita che un controllo indiretto, l'attività è tanto più proficua, quanto più elevati restano i prezzi praticati e/o piccole le quantità prodotte dalle imprese regolate.

Nel contesto oggetto d'indagine, infatti, altri fornitori già concorrono con l'ex monopolista[7]. In quest'ottica, il nostro studio diverge altresì da quelli relativi al *second sourcing*, nei quali il Regolatore sceglie quando consentire l'accesso ad un produttore alternativo e in quali termini trasferire dall'impresa dominante a quest'ultimo il diritto all'attività[8].

La nostra analisi, similmente a quella di Biglaiser e Ma [6], ha ad oggetto un'industria duopolistica. Focalizzare l'attenzione su un duopolio consente di cogliere l'elevato grado di concentrazione che persiste nei settori d'interesse. Al contempo, ciò permette di esprimere efficacemente la relazione strategica tra attività disciplinate, da una parte, ed attività non disciplinate, dall'altra, potendosi riassumere in queste ultime tutte le eventuali attività non soggette a regolamentazione, aventi obiettivi similari[9]. D'altro canto, come argomentato nel prosieguo del lavoro, l'intuizione che sottende i risultati conseguiti in ambito duopolistico resta valida con riferimento ad industrie che comprendano più di un operatore non regolato.

Biglaiser e Ma [6] considerano un mercato verticalmente differenziato, facendo riferimento al settore della telefonia sulla lunga distanza, e guardano all'interazione strategica tra un'impresa dominante (un *leader* di Stackelberg regolato) ed una rivale dotata di potere di mercato (un *follower* non regolato). Di contro, noi ci concentriamo su un'industria che fornisce un prodotto *omogeneo*, assumiamo che la variabile strategica sia la *quantità* e che la concorrenza si svolga *à la* Cournot. L'ipotesi della concorrenza imperfetta in quantità si presta a stilizzare settori di mondo reale nei quali le offerte di quantità costituiscano lo strumento più efficace di manipolazione del prezzo. Si ripensi, ad esempio, ai mercati *spot* di energia elettrica,

[7] Sebbene non siano oggetto del presente lavoro, non vi è dubbio che le potenziali implicazioni delle riforme istituzionali sull'entrata di nuove imprese (e, indirettamente, sul consumo) costituiscano un problema delicato e richiedano, a loro volta, aggiustamenti del processo regolatorio. Da un lato, regimi restrittivi che limitino le rendite degli operatori sottoposti, aumentandone il rischio imprenditoriale, assottigliano gli spazi disponibili per i concorrenti, quindi ammettono l'entrata solo dei più efficienti. D'altro canto, meccanismi meno esigenti, preservando eventuali profitti anche per gli agenti regolati, risultano più attrattivi per potenziali nuove imprese, ma l'entrata rischia di essere relativamente meno efficiente.

[8] Si consultino, ad esempio, Armstrong e Sappington [1] e [2] per una rassegna dettagliata dei contenuti e dei risultati dei vari filoni di letteratura richiamati nel testo.

[9] Come sottolineano De Fraja e Delbono [16] a proposito degli oligopoli misti, un oligopolio con numerose imprese si avvicina ragionevolmente ad un mercato concorrenziale e la necessità dell'intervento pubblico si riduce. Di contro, insistono gli autori, l'intervento dello Stato è di grande importanza se l'oligopolio non sostiene un elevato numero di imprese. In particolare, quando i privati concorrono alla Nash-Cournot, nazionalizzare un'impresa genera benefici tanto più elevati, quanto meno numerosi sono i privati medesimi. Ciò suggerisce che, *mutatis mutandis*, in un oligopolio privato, la regolamentazione parziale è destinata ad indurre benefici tanto più importanti, quanto più è ristretto il numero di concorrenti non regolati. Pertanto, restringere l'analisi al duopolio contribuisce ad evidenziare i vantaggi della regolamentazione parziale, che è strumento da destinarsi a strutture industriali significativamente concentrate.

citati in precedenza[10].

Nel contesto sopra descritto, misure di controllo della quantità paiono particolarmente adeguate. Sebbene applicate al solo operatore regolato, disciplinano indirettamente anche il concorrente, attraverso aggiustamenti di prezzo che, in virtù dell'omogeneità di prodotto, interessano tutte le imprese. In considerazione di ciò, dapprima identifichiamo la politica socialmente ottimale per il settore di riferimento, da porsi quale obiettivo di misure regolatorie. Nelle situazioni in cui le imprese concorrano in quantità operando scelte simultanee, tale politica è data dall'allocazione che emerge all'equilibrio dell'oligopolio misto di Nash-Cournot[11]. Proponiamo dunque uno schema d'implementazione del suddetto equilibrio misto, che agisce similmente ad un *output floor*. In quest'ottica, il nostro lavoro diverge ulteriormente da quello di Biglaiser e Ma [6], che si focalizzano su politiche di prezzo, e si avvicina a quello di De Fraja e Iossa [18]. Questi ultimi identificano le condizioni sotto le quali è efficiente imporre un *output floor* ad un'impresa dominante nel mercato di un bene omogeneo. Essi assumono, tuttavia, che tale impresa concorra con una frangia non regolata, ciò che, come si è detto, non è di nostro interesse.

Tanto De Fraja e Iossa [18] quanto Biglaiser e Ma [6] si pongono in un contesto di asimmetria informativa (sui costi i primi, sulla domanda i secondi) e studiano la regolamentazione parziale avvalendosi dell'approccio bayesiano. Al contrario, il nostro meccanismo regolatorio non si fonda sul metodo bayesiano. In questa prospettiva, esso richiama numerosi algoritmi di prezzo non bayesiani appartenenti all'ampia letteratura relativa ai meccanismi di prezzo senza trasferimenti dello Stato, quali il *price cap* (si vedano, ad esempio, Laffont e Tirole [26]). Si ricordino, innanzitutto, gli schemi di Vogelsang e Finsinger [31], Brennan [10] e Iozzi, Poritz e Valentini [25]. Più sofisticati sono poi gli schemi dovuti a Billette De Villemeur [7] e De Fraja e Iozzi [19], che controllano, congiuntamente con i prezzi, un'ulteriore dimensione[12]. Il meccanismo che proponiamo condivide la necessità dell'iterazione in più periodi con tutti gli schemi richiamati, sebbene questi siano elaborati per monopoli regolati, mentre il nostro meccanismo è pensato per oligopoli *à la* Cournot parzialmente

[10] Wolak e Patrick (1997) rilevano comportamenti strategici in termini di *quantità*, intesa quale *capacità* resa disponibile alla produzione, da parte dei generatori elettrici nei primi cinque anni di funzionamento del Pool nel Regno Unito (cfr. Crampes e Creti [12]).

[11] L'oligopolio di Cournot ricorre in numerosi lavori sui mercati misti. Cremer, Marchand e Thisse [14] propongono un modello di oligopolio *à la* Cournot in cui le imprese scelgono la quantità di un bene omogeneo da mettere in vendita. Il modello di Cournot serve altresì a De Fraja e Delbono [16] per studiare un oligopolio con n imprese, nonché a Grau (1990, in Nett [29]) per analizzare le implicazioni della privatizzazione.

[12] Più precisamente, l'algoritmo di Billette de Villemeur [7] agisce sul prezzo e sulla *frequenza* di un monopolista attivo nel settore del trasporto aereo (è un *price-and-frequency cap*). Il meccanismo di De Fraja e Iozzi [19], a sua volta, agisce sul prezzo e sulla *qualità* dei vari beni offerti da un monopolista multiprodotto (trattasi di un *price-and-quality cap* globale).

regolati. Similmente agli schemi di Vogelsang e Finsinger [31], Brennan [10] e Iozzi, Poritz e Valentini [25], il meccanismo che suggeriamo si avvale di un'unica variabile di controllo. Tuttavia, essendo tale variabile la quantità, non il prezzo, il nostro algoritmo regolatorio funziona diversamente. In particolare, esso non replica i suddetti algoritmi poiché non può essere basato su una relazione di proporzionalità analoga a quella che lega surplus marginale e domanda dei consumatori al variare del prezzo in assenza di effetti di reddito.

L'articolo è organizzato come segue. Nella Sezione 2 presentiamo il modello e caratterizziamo l'equilibrio del duopolio misto *à la* Nash-Cournot, identificandolo quale obiettivo del sistema di regolamentazione parziale. Nella Sezione 3 proponiamo il nostro meccanismo di regolamentazione parziale di quantità. Concludiamo nella Sezione 4.

2 Il Modello

Consideriamo un'industria in cui due imprese, che denotiamo r e n, producano un bene omogeneo. Si pensi, ad esempio, a due operatori che generino energia elettrica.

Sia $S(Q)$ l'utilità totale che l'utente rappresentativo ottiene dal consumo della quantità Q, dove $Q = \sum_{i=r,n} q_i$ indica la produzione di settore. Assumiamo che la funzione S sia strettamente concava. Ai fini del consumo, i beni r e n sono sostituti perfetti[13].

La circostanza che il bene offerto sia omogeneo non esclude che le imprese lo producano sostenendo costi diversi. Innanzitutto, i costi possono differire tra operatori per ragioni storiche. Come accennato in precedenza, ci concentriamo, infatti, su oligopoli privati nei quali i monopolisti originari sono generalmente meno efficienti dei concorrenti. D'altro canto, è possibile che i costi divergano perché si utilizzano tecnologie diverse. Con riferimento alla generazione di elettricità, si pensi ad imprese che si avvalgano di impianti termici a gas naturale e di impianti a prodotti del petrolio. In termini formali, ipotizziamo che ciascun operatore fronteggi un costo totale pari a $CT_i(q_i) = C_i(q_i) + F_i$, $i = r, n$. F_i e $C_i(q_i)$ sono, rispettivamente, il costo fisso e quello variabile. La funzione C_i è assunta crescente e convessa ($C_i'(q_i) \geq 0$, $C_i''(q_i) \geq 0$) ed i rendimenti di scala crescenti per tutti i valori rilevanti di q_i. Questa formulazione ben si presta a rappresentare scenari in cui siano presenti vincoli di capacità, nei quali il costo marginale resta pressoché costante per tutti i livelli di produzione inferiori o uguali alla capacità e diventa infinitamente grande

[13] Con riferimento all'elettricità, Crampes e Moreaux [13] specificano che l'ipotesi di sostituibilità perfetta rimane ragionevole finché il consumo è espresso puramente in termini di quantità di energia.

quando la capacità è satura[14] (cfr. Tirole [30]).

2.1 Il Duopolio Privato *à la* Cournot e il Secondo Ottimo

Ricordiamo dapprima brevemente cosa accade in un duopolio *à la* Cournot nel quale ciascuna impresa massimizzi la funzione di profitto

$$\pi_i (q_i, q_j) = q_i P(Q) - [C_i (q_i) + F_i], \; i, j = r, n. \tag{1}$$

L'allocazione di equilibrio risulta essere la combinazione di quantità $\left(q_r^C, q_n^C\right)$ che soddisfa la coppia di condizioni del prim'ordine

$$\frac{P(Q) - C_i'(q_i)}{P(Q)} = \frac{s_i}{\varepsilon(Q)}, \; i = r, n^{15}. \tag{2}$$

Nel lato destro della (2), $s_i \equiv (q_i/Q) < 1$ misura la quota di mercato del produttore i e $\varepsilon(Q) \equiv [P(Q)/Q](-\partial Q/\partial p)$ è l'elasticità (in valore assoluto) della domanda al prezzo, valutata alla quantità di mercato Q. La (2) rivela che ciascuno degli operatori beneficia di una rendita. Quest'ultima è tanto più importante quanto più piccola è l'elasticità della domanda. In sostanza, la (2) è espressione del potere di mercato che, in assenza di interventi regolatori, gli operatori hanno modo di esercitare negli oligopoli privati emergenti dal processo di riorganizzazione delle imprese di pubblica utilità.

Si ricordi altresì che, qualora ambedue le quantità di prodotto fossero selezionate al fine di massimizzare la funzione di benessere della collettività

$$W(q_r, q_n) = S(Q) - \sum_{i=r,n} [C_i (q_i) + F_i],$$

senza imporre perdite alle imprese ($\pi_i (q_r, q_n) \geqslant 0, \; \forall i$), si configurerebbe l'equilibrio di *secondo ottimo* $\left(q_r^{SO}, q_n^{SO}\right)$, caratterizzato dalla coppia di condizioni

$$\frac{P(Q) - C_i'(q_i)}{P(Q)} = \frac{\lambda_i}{1+\lambda_i} \frac{s_i}{\varepsilon(Q)}, \; i = r, n, \tag{3}$$

in cui λ_i è il moltiplicatore di Lagrange associato al vincolo di profitto non negativo dell'impresa i[16]. Al confronto con quello nella (2), il margine relativo dell'operatore

[14] Date le caratteristiche della tecnologia, l'industria si configura come un oligopolio naturale (mono-prodotto). Si noti, tuttavia, che la presenza di rendimenti di scala crescenti non è condizione necessaria all'esistenza di un oligopolio naturale. Si ringrazie un revisore anonimo per questa puntualizzazione.

[15] Ricordiamo che un equilibrio in strategie pure esiste in presenza di un numero finito di imprese, di insiemi delle strategie compatti e convessi, di funzioni obiettivo continue e quasi-concave rispetto alla variabile di scelta. L'equilibrio è unico in presenza di funzioni di risposta ottima che soddisfano la condizione di stabilità, che assumiamo verificata nel presente lavoro.

[16] Le condizioni di secondo ottimo sono valide sotto i vincoli che le quantità siano strettamente

i che figura nella (3) è deflazionato al limite consentito dalla necessità di coprire i costi fissi, in modo che non residuino benefici netti. Non sarà sfuggito al lettore che la (3) costituisce una variante del criterio dei prezzi di Ramsey-Boiteux per i settori in monopolio. Per questa ragione, nel prosieguo del lavoro, ne parliamo talora come della *regola di Ramsey-Boiteux corretta per quota di mercato.* Come già sottolineato, quest'ultimo è il risultato più efficiente che si possa conseguire, compatibilmente con le esigenze finanziarie delle imprese. Ciascun produttore si limita, infatti, a pareggiare il bilancio e non residuano rendite nell'industria. Non si dimentichi, tuttavia, che questo scenario non è rilevante nell'economia del presente studio.

2.2 Il Duopolio Misto

Ci poniamo ora nella situazione d'interesse ai fini della nostra analisi. Supponiamo che sia possibile scegliere una delle due quantità (senza perdita di generalità, la q_r) con l'obiettivo di pervenire al più elevato livello di utilità collettiva che si possa conseguire senza imporre perdite all'impresa fornitrice.

Nel suddetto scenario, l'impresa r agisce da impresa pubblica non afflitta da conflitti d'interesse e sceglie la quantità q_r tale da massimizzare la funzione di benessere sociale $W(q_r, q_n)$, compatibilmente con le proprie esigenze di bilancio. Di contro, l'operatore n agisce da impresa privata tesa al proprio tornaconto e determina la quantità q_n in modo da conseguire il massimo profitto. Si materializza, dunque, l'equilibrio di duopolio misto, che indichiamo con $\left(q_r^{DMC}, q_n^{DMC}\right)$, le cui proprietà sono sintetizzate nella seguente Proposizione.

> **Proposizione 1.** *L'equilibrio del duopolio misto à la Nash-Cournot è univocamente caratterizzato dalla condizione (2) per l'impresa n e dalla regola di Ramsey-Boiteux corretta per quota di mercato (la condizione (3)) per l'impresa r. All'equilibrio del duopolio misto, i profitti dell'impresa r sono nulli, mentre l'impresa n consegue una rendita. Sebbene sussista questa rendita, il duopolio misto domina il duopolio privato di Cournot in termini di benessere collettivo* $\left(W^{DMC} > W^C\right)$.

In un'ottica sociale, il duopolio misto è dunque preferibile al duopolio privato di Cournot, sebbene uno dei produttori ottenga profitti in equilibrio. In considerazione di ciò, nel prosieguo dell'articolo elaboriamo un meccanismo di regolamen-

positive $(q_i > 0,\ i = r, n)$. Nel testo si assume implicitamente che i suddetti vincoli siano soddisfatti, quindi che al secondo ottimo entrambe le imprese producano. S'ignora invece la possibilità che, date le caratteristiche delle tecnologie impiegate, sia preferibile lasciar produrre una sola impresa.

tazione parziale che consente d'implementare l'allocazione $\left(q_r^{DMC}, q_n^{DMC}\right)$ nei settori industriali oggetto di analisi.

Prima di procedere alla presentazione del meccanismo regolatorio, ci pare tuttavia doverosa una precisazione. In taluni passaggi, abbiamo fatto generico riferimento all'oligopolio, piuttosto che al duopolio. Questo ci pare ammissibile poiché l'intuizione che sottende i risultati precedentemente illustrati resta valida, pur con le dovute qualificazioni, qualora l'industria comprenda più di un operatore dedito al perseguimento degli interessi privati. Per convincersene, si consideri il caso più semplice in cui vi siano M imprese identiche al posto della sola impresa n, cosicché il numero totale di fornitori sia pari a $M+1$. In tale scenario, ciascuna delle imprese private produce la medesima quantità, che indichiamo con q, e serve una quota di mercato pari a $s \equiv q/Q_{M+1}$, con $Q_{M+1} = q_r + Mq \equiv q_r + Q_M$. In aggregato, al "settore privato" spetta allora una quota di mercato pari a $S \equiv Q_M/Q_{M+1}$, mentre quella pertinente all'impresa r è uguale a $s_r \equiv q_r/Q_{M+1}$. Queste osservazioni suggeriscono che uno scenario con $M+1$ imprese si presta ad essere interpretato similmente ad uno in cui solo due imprese siano attive, sebbene *non* lo replichi in termini di margini ottenuti dagli operatori[17].

3 Uno Schema per l'Implementazione

In questa Sezione, proponiamo uno schema di regolamentazione parziale destinato a rendere esecutiva la condizione (2) per l'impresa n congiuntamente con la regola di Ramsey-Boiteux corretta per quota di mercato per l'impresa r. Come precedentemente illustrato, tali condizioni identificano l'equilibrio di Nash in un duopolio misto di Cournot.

Il meccanismo è pensato per settori che presentino le caratteristiche tecnologiche precedentemente illustrate, ovvero rendimenti di scala crescenti a livello d'impresa, emergenti da processi produttivi che comportino, ad esempio, costi fissi e costi marginali costanti (cfr. Cremer, Marchand e Thisse [14]). Si osservi che funzioni di costo del tipo $CT(q) = cq + F$, con c il costo marginale costante, sono diffuse in attività quali la generazione di energia. In Green [21] si legge, infatti, che i costi delle stazioni sono costituiti di due elementi essenziali: una componente fissa, afferente ai capitali investiti, al personale ed alla manutenzione delle stazioni aperte, ed una componente variabile, tipicamente proporzionale alla produzione e relativa al carburante ed alla manutenzione degli impianti aperti operativi[18]. Al fine di rappresentare

[17] In particolare, i profitti conseguiti dalle singole imprese private si riducono al crescere di M.

[18] Eventuali costi addizionali del personale possono sostenersi per le stazioni dichiarate disponibili alla generazione ma non necessariamente utilizzate.

coerentemente le suddette situazioni, d'ora in avanti assumiamo che la funzione di costo dell'impresa i si specifichi come $CT_i(q_i) = c_i q_i + F_i$, $i = r, n$. Inoltre, per semplicità, lavoriamo su una funzione di domanda lineare del tipo $P(Q) = \alpha - \beta Q$, con $\alpha, \beta > 0$. Ipotizziamo, infine, che tanto le funzioni di costo quanto quella di domanda restino costanti nel tempo, ovvero che tecnologie e condizioni di mercato siano stazionarie.

Lo schema di decentralizzazione dell'allocazione di duopolio misto che proponiamo è pensato per settori in cui il Regolatore disponga di informazioni sui costi dell'impresa regolata. L'utilizzo dei dati correnti di costo a fini regolatori non è necessariamente problematico. Il rischio di manipolazione da parte dei produttori è, infatti, contenuto qualora l'insieme di tecnologie utilizzabili sia relativamente piccolo e i costi dipendano strettamente dalle stesse. Questo è appunto il caso dei costi di preparazione ed operazione degli impianti di generazione dell'elettricità, manutenzione, riscaldamento e monitoraggio inclusi, che risultano noti tanto agli operatori quanto al Regolatore (cfr. Crampes e Creti [12]). Nelle industrie dotate di tali caratteristiche è possibile formare stime ragionevolmente realistiche in base alle quali applicare, dunque, il meccanismo regolatorio in oggetto, che descriviamo nella seguente Sezione.

3.1 L'Algoritmo Regolatorio

Sintetizzato nelle grandi linee, l'algoritmo regolatorio si svolge come segue. In ciascun periodo, l'impresa regolata massimizza la funzione di profitto corrente soggetta ad un vincolo sulla quantità da produrre, che incorpora prestazioni pregresse quali prezzo di mercato e profitti realizzati nel precedente periodo di attività. A sua volta, l'impresa n si attiene alla condizione di equilibrio nella (2), aspettandosi che l'impresa r rispetterà effettivamente il vincolo regolatorio. La prospettiva che l'operatore r si attenga al vincolo è credibile perché il Regolatore può punire eventuali inadempienze imponendo, ad esempio, multe di notevole entità. Il vincolo induce l'agente regolato ad espandere progressivamente la propria scala operativa e ad implementare, infine, la quantità q_r^{DMC}. In conformità con la (2), la corrispondente quantità di equilibrio per l'impresa concorrente è dunque q_n^{DMC}.

In termini formali, in ciascun periodo $t = 1, 2, ...$, al produttore r si richiede di selezionare la quantità q_r^t tra gli elementi dell'insieme

$$R^t \equiv \left\{ q_r \left| p^{t-1} q_r - TC_r(q_r) \geq \pi_r^{t-1}(1+\delta) \right. \right\}. \tag{4}$$

I simboli p^{t-1} e π_r^{t-1} nella (4) indicano, rispettivamente, il prezzo di mercato e i profitti risultanti dalle scritture contabili pubblicate dall'impresa al termine del periodo $t - 1$[19]. L'agente soggetto al vincolo (4) sceglie in modo che, *se il prezzo non variasse* dal periodo $t-1$ al periodo t, il prodotto commercializzato nel periodo t gli frutterebbe un beneficio netto strettamente maggiore di quello conseguito nel periodo $t-1$. Ciò richiede che l'agente offra una quantità più grande nel periodo t. Pertanto, data la tecnologia, il vincolo fornisce un incentivo a produrre di più. Poiché, in realtà, incrementi di quantità inducono riduzioni di prezzo, il profitto d'impresa tende a diminuire.

Il potere incentivante del vincolo è espresso dal termine δ. Con $\delta > 0$, l'impresa non può limitarsi a replicare la prestazione del periodo precedente, perpetuando così la propria rendita. Pertanto essa è indotta ad aumentare la produzione. Il valore appropriato di δ dipende dallo specifico contesto nell'ambito del quale s'intenda applicarlo. Determinarne adeguatamente l'indice di grandezza è importante poiché, se δ fosse troppo grande, il vincolo sarebbe così stringente da impedire la copertura dei costi sostenuti dall'impresa. Inoltre, ne risulterebbe perturbato il processo di convergenza all'allocazione desiderata. Al contrario, con valori di δ sufficientemente piccoli, il benessere sociale aumenta per via dell'incremento di quantità, mentre i profitti si riducono progressivamente fino a scomparire, pur non registrandosi perdite in capo all'impresa regolata. Ciò suggerisce che, non producendosi esito alcuno finché il vincolo non limita l'insieme di quantità disponibili all'impresa, in sede di applicazione pratica, il Regolatore potrebbe adottare dapprima un δ estremamente piccolo, poi valori man mano più elevati, fino ad identificazione del valore appropriato[20].

La sequenza converge all'allocazione $\left(q_r^T, q_n^T\right)$, in corrispondenza della quale l'impresa regolata non consegue profitti. L'impresa non può espandere l'offerta oltre q_r^T senza subire perdite. Pertanto, nei periodi successivi a T, essa continua a produrre come nel periodo T e $\left(q_r^T, q_n^T\right)$ risulta essere un'allocazione stazionaria. Inoltre, la combinazione di quantità $\left(q_r^T, q_n^T\right)$ coincide con quella di equilibrio del duopolio misto $\left(q_r^{DMC}, q_n^{DMC}\right)$. La seguente Proposizione sintetizza questo risultato, la cui dimostrazione formale è riportata in Appendice.

Proposizione 2. *Un duopolio privato à la Nash-Cournot (derivato*

[19] Il regolatore deve basarsi su condizioni iniziali. A proposito del loro schema di regolamentazione di prezzo e qualità, De Fraja e Iozzi [19] specificano che, ove i dati relativi al periodo $t-1$ non siano disponibili o affidabili, l'autorità può astenersi dall'intervenire al periodo t e cominciare ad imporre il vincolo al tempo $t+1$.

[20] I meccanismi di prezzo *à la* Vogelsang e Finsinger [31] sono totalmente automatici e non inducono perdite in capo all'impresa poiché, date le caratteristiche della tecnologia, si ottengono vantaggi di costo al ridursi dei prezzi mediante incrementi di quantità. Lo schema che noi elaboriamo, agendo direttamente sulla quantità, non ha la medesima proprietà e, nonostante la presenza di rendimenti di scala crescenti, l'impresa regolata potrebbe subire perdite. Il parametro δ costituisce lo strumento d'incentivo, aggiustamento e controllo dello schema, di cui è destinato a garantire il corretto funzionamento. In Appendice mostriamo come scegliere δ senza indurre perdite in capo all'impresa regolata, identificandone il limite superiore nel contesto considerato.

da un monopolio liberalizzato), in cui le imprese concorrenti fronteggino funzioni di costo e di domanda lineari e stazionarie, perviene all'equilibrio del duopolio misto caratterizzato dalle condizioni (8) *e* (9) *se il Regolatore impone all'impresa regolata di soddisfare il vincolo di quantità* (4)*.*

In Figura 1 si propone una rappresentazione grafica del meccanismo regolatorio. La parte destra del grafico mostra il funzionamento dell'algoritmo nel piano (q_r^t, q_r^{t-1}). Nella parte sinistra, invece, il profitto dell'impresa regolata (π_r) ed il benessere sociale (W) sono tracciati in funzione della quantità offerta dall'operatore r. Il punto A identifica la produzione iniziale $q_r^0 \equiv q_r^C$, che emerge all'equilibrio di Cournot e che, data la quantità q_n^C fornita dal concorrente, genera il massimo profitto per l'agente r[21]. La curva $q_r^t\left(q_r^{t-1}\right)$ rappresenta l'*output floor* imposto all'impresa regolata nel periodo $t = 0, 1, 2..., T$, che dipende dalla prestazione pregressa dell'impresa medesima. Il *floor* interseca la bisettrice del quadrante (la retta di equazione $q_r^t = q_r^{t-1}$) in corrispondenza di due punti fissi, instabile quello prossimo all'origine degli assi, stabile quello indicato con Z. Si noti che la quantità di Nash-Cournot, punto di avvio del meccanismo, si colloca in posizione intermedia tra le quantità associate ai due punti fissi. A partire dal periodo 1, l'impresa r non può produrre quantità inferiori a quelle appartenenti al *floor*. Le quantità ammesse e compatibili con le esigenze di bilancio dell'impresa sono quelle comprese tra la curva $q_r^t\left(q_r^{t-1}\right)$ e q_r^{DMC}. La distanza verticale tra $q_r^t(\cdot)$ e q_r^{DMC} individua quindi gli elementi dell'insieme R^t, $\forall t$. Le frecce indicano il percorso lungo il quale la produzione dell'operatore regolato si evolve da un periodo all'altro. In particolare, il vincolo induce l'impresa regolata ad aumentare l'*output* fin dal primo periodo d'implementazione. Ciò impedisce che la quantità q_r evolva verso il punto fisso instabile. Il punto Z individua la produzione $q_r^T \equiv q_r^{DMC}$ cui la sequenza converge e in corrispondenza della quale il profitto è pari a zero. L'inclinazione positiva ma subunitaria dell'*output floor* nel punto fisso Z garantisce che tale punto sia stabile, come precedentemente menzionato.

Per convincersi che q_r^T coincide effettivamente con q_r^{DMC}, si osservi che, nel periodo T di convergenza, la condizione del prim'ordine per l'operatore regolato è data da

$$\frac{P(Q) - c_r}{P(Q)} = \frac{1}{1 + \mu_r^T} \frac{s_r}{\varepsilon(Q)}, \tag{5}$$

nella quale μ_r^T è il moltiplicatore di Lagrange associato al vincolo. Insieme con la condizione complementare $-\delta \mu_r^T \pi_r^T = 0$, la (5) definisce univocamente la quantità

[21] Il prezzo $p\left(q_r^C + q_n^C\right)$ ed il profitto $\pi_r\left(q_r^C + q_n^C\right)$ costituiscono le condizioni iniziali della sequenza regolatoria.

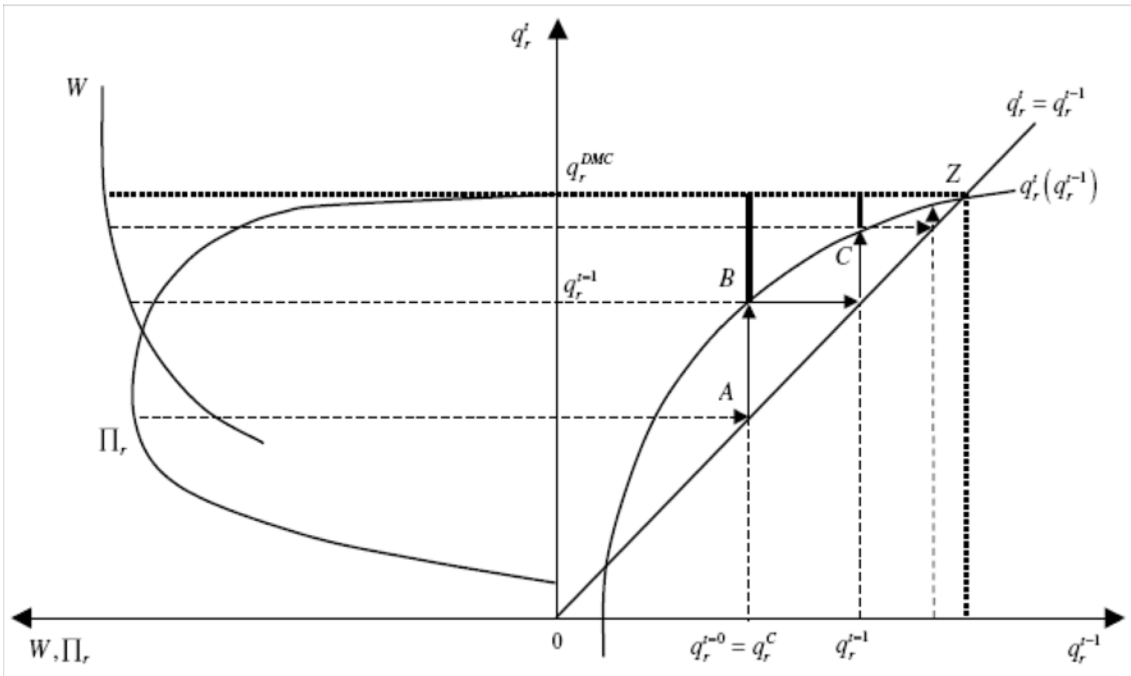

Figura 1: Funzionamento dello schema regolatorio

di equilibrio q_r^T. Quest'ultima è tale che l'impresa soddisfi il vincolo R^T conseguendo un profitto $\pi_r^T = 0$, data la quantità q_n^T, la quale verifica la condizione di equilibrio (2). D'altro canto, come evidenziato nella Sezione 2.1, l'ottimo sociale soggetto al vincolo $\pi_r \geq 0$ è caratterizzato dalla condizione del prim'ordine nella (3), insieme con la condizione complementare $\lambda_r \pi_r = 0$, che identifica univocamente la quantità di equilibrio q_r^{DMC}. Quest'ultima è tale che l'impresa r consegua un profitto $\pi_r^{DMC} = 0$, data la quantità q_n^{DMC}, la quale soddisfa sempre la condizione di equilibrio (2). Con $\pi_r^{DMC} \equiv \pi_r^T = 0$, la (5) risulta dunque analoga alla (3), una volta incorporati i valori ombra dei due vincoli, cosicché sia verificata l'identità

$$\frac{\lambda_r}{1+\lambda_r} \equiv \frac{1}{1+\mu_r^T}.$$

3.2 Discussione

Abbiamo mostrato come il nostro schema di regolamentazione parziale di quantità consenta di decentralizzare l'equilibrio del duopolio misto in un duopolio privato di Cournot che abbia caratteristiche di linearità. La ragione per la quale ci siamo concentrati su questo scenario è duplice. In primo luogo, esso ben rappresenta le situazioni di nostro interesse. Al contempo, esso si presta ad agevole illustrazione ed interpretazione. Non abbiamo esplorato situazioni non lineari, ma essendo l'argomento legato ai principi di punto fisso, ci sembra di poter suggerire che il meccanismo proposto funzionerebbe anche in ambienti diversi[22]. Sottolineiamo inoltre che la struttura dello schema resterebbe appropriata nell'ipotesi di sostituibilità imperfetta tra i beni prodotti dalle imprese.

La sequenza regolatoria che abbiamo descritto ricorda, in certa misura, l'algoritmo convergente proposto nel lavoro seminale di Vogelsang e Finsinger [31], nonché quelli successivamente analizzati da Brennan [10] e Iozzi, Poritz e Valentini [25] e le varianti più sofisticate elaborate da Billette de Villemeur [7] e De Fraja e Iozzi [19]. In particolare, Vogelsang e Finsinger [31] traducono le condizioni di Ramsey per i prezzi di un monopolista multi-prodotto in uno schema incentivante, che genera un incremento monotono nel benessere sociale, attraverso la progressiva riduzione dei prezzi. Il nostro processo se ne differenzia in due punti essenziali. In primo luogo, è destinato ad agire sulla *produzione* poiché, nei settori che c'interessano, la variabile strategica è data dalla quantità prodotta o dalla capacità resa disponibile. Inoltre, non è disegnato per il monopolio, bensì per un duopolio parzialmente regolato. Esso non replica, dunque, il suddetto algoritmo di prezzo.

Con gli autori sopra richiamati condividiamo, invece, l'ipotesi che l'impresa regolata sia poco lungimirante. Ciò significa che essa massimizza il valore attuale del flusso di profitti futuri utilizzando un tasso di sconto pari a zero ovvero che ignora l'impatto delle scelte correnti sui vincoli regolatori futuri. Questo assunto vale a cogliere la circostanza che, nell'industria in analisi, il potere di mercato è esercitato su base periodale e che non sussistono aggiustamenti strategici intertemporali. In contesti diversi, il meccanismo potrebbe rivelarsi inappropriato[23].

Il principale e, forse, più desiderabile attributo dello schema regolatorio suggerito consiste nella sua elevata gestibilità. Presentando un grado di sofisticazione contenuto, il meccanismo riproduce la sorprendente semplicità stilistica di molte delle raccomandazioni realmente osservabili[24]. Inoltre, per implementarlo, è sufficiente che l'autorità acceda alle scritture contabili pubblicate dall'impresa controllata. Si potrebbe obiettare che, in pratica, il ricorso ai prezzi pregressi vada incontro a difficoltà di aggregazione dei dati nel processo di costruzione dei relativi indici. Tuttavia, questa complicazione non è specifica del meccanismo proposto, essendo altresì associata a schemi ampiamente diffusi, quali il *price cap*, e sembra superabile.

[22] L'algoritmo presentato si basa, infatti, sulla proprietà che una funzione continua abbia un punto fisso, proprietà che sopravviverebbe in ambienti non lineari (cfr., ad esempio, Border [9]).

[23] Vogelsang (1989) dimostra che il meccanismo di prezzo di Vogelsang e Finsinger [31] resta valido se l'impresa regolata utilizza un tasso di sconto positivo. Sappington (1980) prova che il meccanismo non è adeguato se l'impresa agisce in maniera strategica a fronte di un regolatore non lungimirante (cfr. De Fraja e Iozzi [19], pag. 5, nota 4).

[24] Cfr Laffont e Tirole [26] (Introduction) per un'esaustiva spiegazione della differenza tra regole di regolamentazione *semplici*, *esigenti* in termini d'informazione e *complesse*.

4 Conclusione

Negli ultimi decenni, i segmenti potenzialmente competitivi delle utilities sono stati aperti alla concorrenza, ma restano spesso settori molto concentrati. In questi oligopoli, pare appropriato adottare regimi di regolamentazione parziale, al fine di limitare l'esercizio del potere di mercato senza rinunciare ai benefici della liberalizzazione. Tali regimi prevedono che gli ex monopolisti siano regolati, ancorché ormai soggetti alla concorrenza di operatori strategici non regolati. La prospettiva di ricorrere alla regolamentazione parziale determina la necessità di adattare i meccanismi regolatori tradizionali, pensati per i monopoli, alle nuove più articolate realtà.

Movendo da questa considerazione, nel presente lavoro abbiamo studiato la regolamentazione parziale di un'industria nella quale le imprese concorrano *à la* Cournot, la variabile strategica essendo la quantità. Un buon esempio d'industria con tali caratteristiche risiede nella generazione di elettricità, un settore in cui gli operatori possono ottenere rendite limitando la disponibilità produttiva delle stazioni.

In un primo tempo, abbiamo caratterizzato la politica socialmente ottimale per la suddetta industria. Data la disponibilità di un unico strumento di controllo (la produzione dell'ex monopolista), tale politica s'identifica con l'equilibrio di un oligopolio misto in cui un'impresa (l'ex monopolista) abbia come obiettivo il benessere della collettività, mentre i concorrenti aspirano a conseguire il massimo profitto. In particolare, abbiamo stabilito che, nelle situazioni di concorrenza simultanea *à la* Cournot, la regola di efficienza (vincolata) è costituita dal criterio di Ramsey-Boiteux corretto per quota di mercato. In base a tale criterio, che è soddisfatto all'equilibrio dell'oligopolio misto, l'impresa votata all'interesse collettivo fornisce la più grande quantità compatibile con il vincolo di bilancio, data la produzione dei concorrenti.

Successivamente, abbiamo proposto un meccanismo di decentralizzazione semplice e gestibile, pensato per industrie, quali la generazione di elettricità, in cui l'insieme di tecnologie utilizzabili sia relativamente piccolo e noto anche al Regolatore. Agendo sull'impresa regolata come un *output floor*, lo schema elaborato converge all'equilibrio dell'oligopolio misto di Nash-Cournot mediante iterazione in più periodi.

Il meccanismo resta ben posto finché l'esercizio del potere di mercato è statico e suscettibile di ripetersi in maniera analoga (se non corretto) in ogni periodo di attività. In contesti diversi da quello considerato, fluttuazioni intertemporali potrebbero rendere l'ipotesi di stazionarietà irrilevante. Sarebbe interessante investigarne le implicazioni, ciò che suggerisce una nuova direzione di ricerca.

Riferimenti bibliografici

[1] Armstrong, M., e D. E. M. Sappington (2005), Recent Developments in the Theory of Regulation, in Armstrong, M., e R. Porter (ed.), *Handbook of Industrial Organization*, Vol.III, Elsevier, North-Holland

[2] Armstrong, M., e D. E. M. Sappington (2006), Regulation, Competition and Liberalization, *Journal of Economic Literature*, 44(2), 325-366

[3] Beato, P., e A. Mas-Colell (1984), The Marginal Cost Pricing as a Regulation Mechanism in Mixed Markets, in Marchand, M., P. Pestieau and H. Tulkens (eds.), *The Performance of Public Enterprises*, North-Holland, Amsterdam

[4] Bergantino, A. S., E. Billette de Villemeur e A. Vinella (2007), Partial Regulation in Vertically Differentiated Industries, *Società Italiana di Economia Pubblica*, University of Pavia, Working Paper No.585, March 2007

[5] Bertoletti, P. (2002), Why Regulate Prices? Some Notes on the Price Cap Methods, *Rivista di Politica Economica*, XCII(3-4), 13-30

[6] Biglaiser, G., e C. A. Ma (1995), Regulating a Dominant Firm: Unknown Demand and Industry Structure, *The Rand Journal of Economics*, 26(1), 1-19

[7] Billette de Villemeur, E. (2004), Regulation in the Air: Price-and-Frequency Caps, *Transportation Research*, Part E, 40, 465-476

[8] Billette de Villemeur, E., e A. Vinella (2004), Partial Regulation of Quantities: An Implementation Scheme, *Atti XVI Conferenza Siep*, Vol. I, 71-96

[9] Border, K. C. (1985), *Fixed point theorems with applications to economics and game theory*, Cambridge University Press, Cambridge

[10] Brennan, T. (1989), Regulating by Capping Prices, *Journal of Regulatory Economics*, 1(2), 133-147

[11] Chaaban, J. (2004), Partial Regulation and Cost Allocation in Multimarket Utilities, *Economics Working Paper Archive* (Toulouse) 2003-04, French Institute for Agronomy Research (INRA), Economics Laboratory in Toulouse (ESR Toulouse)

[12] Crampes, C., e A. Creti (2005), Capacity Competition in Electricity Markets, *Economia delle fonti di energia e dell'ambiente*, 2, 59-83

[13] Crampes, C., e M. Moreaux (2001), Water Resource and Power Generation, *International Journal of Industrial Organization*, 19, 975-997

[14] Cremer, H., M. Marchand e J. F. Thisse (1989), The Public Firm as an Instrument for Regulating an Oligopolistic Market, *Oxford Economic Papers*, 41, 283-301

[15] Cremer, H., M. Marchand e J. F. Thisse (1991), Mixed Oligopoly with Differentiated Products, *International Journal of Industrial Organization*, 9, 43-53

[16] De Fraja, G., e F. Delbono (1989), Alternative Strategies of a Public Enterprise in Oligopoly, *Oxford Economic Papers*, 41, 302-311

[17] De Fraja, G., e F. Delbono (1990), Game Theoretic Models of Mixed Oligopoly, *Journal of Economic Surveys*, 4(1), 1-17

[18] De Fraja, G., e E. Iossa (1998), Price caps and Output Floors: A Comparison of Simple Regulatory Rules, *The Economic Journal*, 108, 1404-1421

[19] De Fraja, G., e A. Iozzi (2004), Bigger and Better: A Dynamic Regulatory Mechanism for Optimum Quality, *CEPR Discussion Paper*, No. 4502, disponibile sul sito: www.cepr.org/pubs/dps/DP4502.asp

[20] De Vincenti, C. (2002), Non solo energia e telecomunicazioni: i problemi della transizione avviata nella regolazione delle altre *utilities*, in De Vincenti, C. (2002, a cura di), *Economia Pubblica*, FrancoAngeli

[21] Green, R. (2004), Did English Generators Play Cournot? Capacity Withholding in the Electricity Pool, *CMI Working Paper*, No. 41

[22] Grilo I. (1994), Mixed Duopoly under Vertical Differentiation, *Annales d'Economie et de Statistique*, 33, 91-112

[23] Harris, R. G., e E. G. Wiens (1980), Government Enterprise: An Instrument for the Internal Regulation of Industry, *Canadian Journal of Economics*, 13, 125-132

[24] Helm, D., e T. Jenkinson (1998), Ed., *Competition in Regulated Industries*, Oxford University Press, Oxford

[25] Iozzi, A., J. Poritz e E. Valentini (2002), Social Preferences and Price Cap Regulation, *Journal of Public Economic Theory*, 4 (1), 93-112

[26] Laffont, J. J., e J. Tirole (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, The MIT Press, Cambridge

[27] Martimort, D. (2006), An Agency Perspective on the Costs and Benefits of Privatization, *Journal of Regulatory Economics*, 30(1), 5-44

[28] Merrill, W. C., e N. Schneider (1966), Government Firms in Oligopoly Industries: A Short-Run Analysis, *Quarterly Journal of Economics*, 80, 400-412

[29] Nett, L. (1993), Mixed Oligopoly with Homogeneous Goods, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 64, 367-393

[30] Tirole, J. (1988), *The Theory of Industrial Organization*, The MIT Press, Cambridge

[31] Vogelsang, I., e J. Finsinger (1979), A Regulatory Adjustment Process for Optimal Pricing by Multiproduct Monopoly Firms, *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 157-171

A L'Algoritmo Regolatorio

Riportiamo qui di seguito la dimostrazione formale della convergenza dell'algoritmo regolatorio all'allocazione stazionaria $\left(q_r^{DMC}, q_n^{DMC}\right)$.

Completiamo l'analisi identificando il limite superiore del parametro regolatorio δ, date le caratteristiche tecnologiche e di mercato.

A.1 Esistenza di Due Punti Fissi

Nello scenario caratterizzato dalle funzioni lineari riportate nel testo, il vincolo regolatorio si specifica come

$$p^{t-1}q_r - c_r q_r - F_r \geq \pi_r^{t-1}(1+\delta). \tag{6}$$

Lo saturiamo al fine di esprimere la quantità q_r^t in funzione del profitto π_r^{t-1} e del prezzo p^{t-1}. Otteniamo la relazione

$$q_r^t = \frac{\pi_r^{t-1}(1+\delta) + F_r}{p^{t-1} - c_r}, \tag{7}$$

che lega q_r^t a π_r^{t-1} e p^{t-1} per ogni possibile valore di q_n^{t-1}. Utilizziamo ora la funzione di domanda inversa (che assumiamo essere la medesima in tutti i periodi) per scrivere il prezzo p^{t-1} in termini della quantità Q^{t-1}

$$p^{t-1} = \alpha - \beta Q^{t-1}.$$

La funzione di reazione dell'impresa n nel periodo $(t-1)$ è data da

$$q_n^{t-1} = \frac{1}{2\beta}(\alpha - c_n) - \frac{1}{2}q_r^{t-1},$$

quindi è immediato scrivere il prezzo p^{t-1} in termini della quantità q_r^{t-1}

$$p^{t-1} = \alpha - \frac{1}{2}(\alpha - c_n) - \frac{\beta}{2}q_r^{t-1}. \tag{8}$$

Usando la (8), siamo in grado di esprimere il profitto dell'impresa r al tempo $(t-1)$ in funzione della quantità q_r^{t-1}, ovvero

$$\pi_r^{t-1} = \left(\frac{\alpha + c_n}{2} - c_r - \frac{\beta}{2}q_r^{t-1}\right) q_r^{t-1} - F_r. \tag{9}$$

Sostituendo la (8) e la (9) nella (7), otteniamo la relazione

$$q_r^t = (1+\delta)\, q_r^{t-1} - \frac{\delta F_r}{\left(\frac{\alpha+c_n}{2} - c_r - \frac{\beta}{2}q_r^{t-1}\right)}, \tag{10}$$

che lega la quantità dell'impresa regolata nel periodo t a quella del periodo $(t-1)$. La (10) caratterizza un'iperbole avente asintoto verticale $q_r^{t-1} = (\alpha + c_n - 2c_r)/\beta$ ed asintoto obliquo $q_r^t = (1+\delta)\, q_r^{t-1}$ nel piano di ascissa q_r^{t-1} e ordinata q_r^t. La rappresentiamo in Figura 2 per valori crescenti di δ, avvalendoci dei parametri di domanda e di costo ivi riportati.

Differenziando q_r^t rispetto a q_r^{t-1} lungo l'iperbole, otteniamo

$$\frac{\partial q_r^t}{\partial q_r^{t-1}} = 1 + \delta - \frac{\delta F_r \frac{\beta}{2}}{\left(\frac{\alpha+c_n}{2} - c_r - \frac{\beta}{2}q_r^{t-1}\right)^2}. \tag{11}$$

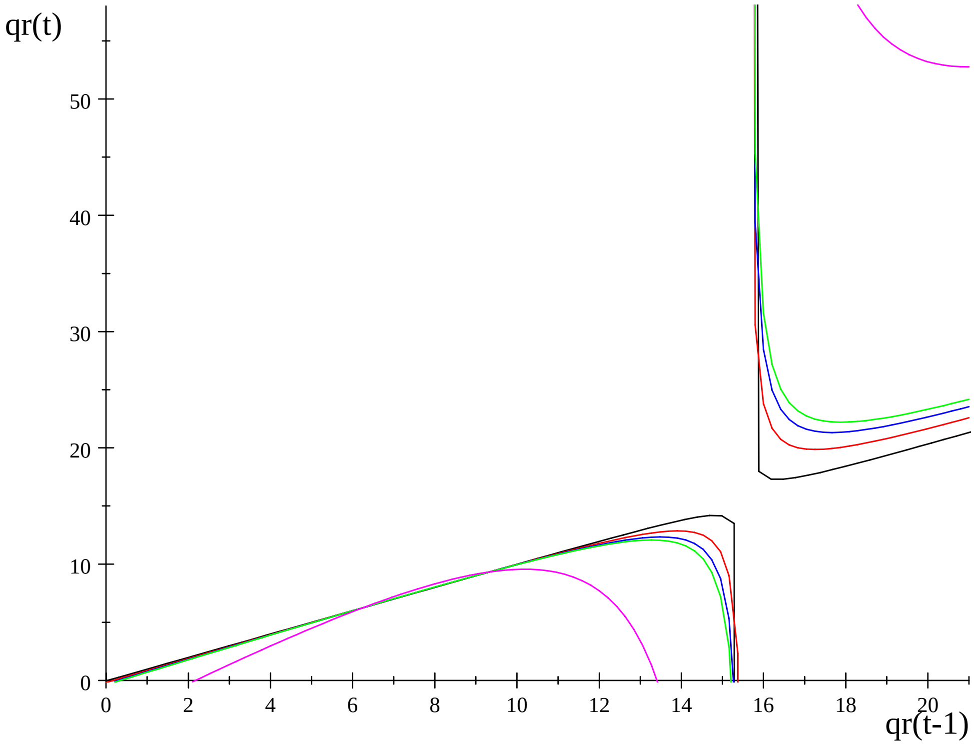

Figura 2: Grafico di $q_r^t\left(q_r^{t-1}\right)$ ottenuto assumendo $\alpha = 400$, $\beta = 24$, $c_r = 20$, $c_n = 14$ e $F_r = 700$ per $\delta = 0,01$ (in nero), $\delta = 0,05$ (in rosso), $\delta = 0,08$ (in azzurro), $\delta = 0,1$ (in verde) e $\delta = 1$ (in rosa)

Questa derivata è pari a zero in corrispondenza dei due valori

$$q_{r,M}^{t-1} = \frac{g - \sqrt{g^2 - g + F_r \frac{\beta}{2} \frac{\delta}{1+\delta}}}{(\beta/2)}$$

e

$$q_{r,m}^{t-1} = \frac{g + \sqrt{g^2 - g + F_r \frac{\beta}{2} \frac{\delta}{1+\delta}}}{(\beta/2)},$$

nei quali si è posto $g \equiv (\alpha + c_n)/2 - c_r$. Ciò significa che l'iperbole raggiunge un massimo ed un minimo locale in corrispondenza di $q_{r,M}^{t-1}$ e di $q_{r,m}^{t-1}$ rispettivamente. Per verificarlo, è sufficiente studiare il segno della derivata seconda

$$\frac{\partial^2 q_r^t}{\partial \left(q_r^{t-1}\right)^2} = -\frac{\delta F_r \frac{\beta^2}{4}}{\left(g - \frac{\beta}{2} q_r^{t-1}\right)^3},$$

la quale è negativa in $q_{r,M}^{t-1}$ e positiva in $q_{r,m}^{t-1}$.

L'iperbole nella (10) è discontinua in corrispondenza dell'asintoto verticale. Pertanto, se considerata per tutti i valori di q_r^{t-1}, essa non soddisfa le ipotesi del Teorema del Punto Fisso di Brower. Al fine di stabilire l'esistenza di uno o più punti fissi, è dunque necessario restringere l'analisi ad un intervallo di valori di q_r^{t-1} in corrispondenza del quale $q_r^t\left(q_r^{t-1}\right)$ sia continua. Consideriamo allora il ramo sinistro dell'iperbole nel piano $\left(q_r^t, q_r^{t-1}\right)$, che contiene il massimo locale $q_r^t\left(q_{r,M}^{t-1}\right)$. Questa scelta non è arbitraria. Al contrario, essa si basa sull'osservazione che il ramo destro dell'iperbole non può presentare punti fissi. Infatti, tale ramo giace al di sopra dell'asintoto obliquo, che ha inclinazione $(1+\delta)$; è quindi impossibile che esso intersechi la diagonale del primo quadrante, la quale ha inclinazione pari ad $1 < (1+\delta)$.

L'intervallo lungo il quale l'iperbole è continua è dato da $\left[q_{r,a}^{t-1}, q_{r,b}^{t-1}\right]$, dove

$$q_{r,a}^{t-1} = \frac{g - \sqrt{g^2 - 2\beta F_r \frac{\delta}{1+\delta}}}{\beta}$$

e

$$q_{r,b}^{t-1} = \frac{g + \sqrt{g^2 - 2\beta F_r \frac{\delta}{1+\delta}}}{\beta}$$

i due valori in corrispondenza dei quali l'iperbole interseca l'asse orizzontale nel piano (q_r^t, q_r^{t-1}).

Si noti che, avendo l'asintoto obliquo dell'iperbole inclinazione $(1+\delta)$ e giacendo il ramo sinistro al di sopra dell'asintoto medesimo, $q_{r,a}^{t-1}$ è necessariamente positivo. *A fortiori*, lo è quindi $q_{r,b}^{t-1}$. Inoltre, essendo il rapporto $\delta/(1+\delta)$ crescente in δ, il termine $\sqrt{g^2 - 2\beta F_r \delta/(1+\delta)}$ si riduce e l'intervallo $\left[q_{r,a}^{t-1}, q_{r,b}^{t-1}\right]$ si restringe all'aumentare di δ. Per ragioni analoghe, il valore di $q_{r,M}^{t-1}$ decresce ed il massimizzatore $q_{r,M}^{t-1}$ si avvicina all'origine degli assi nel piano (q_r^t, q_r^{t-1}) man mano che il parametro regolatorio diventa più grande.

Ci avvaliamo adesso del Teorema del Punto Fisso di Brower per studiare la funzione

$$l\left(q_r^{t-1}\right) \equiv q_r^t\left(q_r^{t-1}\right) - q_r^{t-1}$$

limitatamente all'intervallo $\left[q_{r,a}^{t-1}, q_{r,b}^{t-1}\right]$. I valori di q_r^{t-1} tali che $l\left(q_r^{t-1}\right) = 0$ sono pari a

$$q_r^{f1} = \frac{g - \sqrt{g^2 - 2\beta F_r}}{\beta}$$

e

$$q_r^{f2} = \frac{g + \sqrt{g^2 - 2\beta F_r}}{\beta}.$$

Nelle precedenti espressioni, gli apici riferiti al periodo sono stati rimossi perché $q_r^t = q_r^{t-1}$, mentre i nuovi apici $f1$ e $f2$ sono stati apposti per indicare il *punto fisso 1* e il *punto fisso 2* rispettivamente.

Confrontando q_r^{f1} e q_r^{f2} con gli estremi $q_{r,a}^{t-1}$ e $q_{r,b}^{t-1}$, è immediato verificare che i primi appartengono effettivamente all'intervallo rilevante. Si ha, infatti, $q_r^{f1} > q_{r,a}^{t-1}$ e $q_r^{f2} < q_{r,b}^{t-1}$, poiché $\delta/(1+\delta) < 1$. Pertanto, indipendentemente dal valore di δ, esistono due punti fissi, purché la radice quadrata $\sqrt{g^2 - 2\beta F_r}$ sia un numero reale, ovvero purché si abbia $(g^2 - 2\beta F_r) > 0$. Questa condizione è soddisfatta ogniqualvolta lo sia la disuguaglianza

$$(\alpha + c_n - 2c_r)^2 > 8\beta F_r. \tag{12a}$$

Al fine di stabilire se la (12a) è effettivamente rispettata, è utile ricordare che, nello scenario considerato, qualora l'impresa r non fosse regolamentata, essa produrrebbe la quantità di Cournot $q_r^C = (\alpha + c_n - 2c_r)/3\beta$ ed il prezzo di mercato sarebbe pari a $p^C = (\alpha + c_n + c_r)/3$. Il margine dell'operatore r sarebbe quindi dato da $\left(p^C - c_r\right) = (\alpha + c_n - 2c_r)/3 = \beta q_r^C$. Questi risultati si rivelano di particolare utilità ai fini dei confronti che proporremo qui di seguito, in termini tanto di dimensioni quanto di segno.

Dividendo per la quantità positiva 9β ambo i lati della (12a), quest'ultima diventa

$$\frac{(\alpha + c_n - 2c_r)^2}{9\beta} > \frac{8}{9} F_r. \tag{12b}$$

Si noti che il lato sinistro della (12b) è uguale al prodotto $\left(p^C - c_r\right) q_r^C$, ovvero al margine che l'impresa r conseguirebbe sull'intera produzione, qualora operasse non regolamentata. Affinché il duopolista non regolato sia attivo sul mercato, è necessario che la condizione $\left(p^C - c_r\right) q_r^C > F_r$ sia soddisfatta, cioé che il margine totale ecceda i costi fissi. In caso contrario, i profitti sarebbero negativi (o nulli) e non vi sarebbe convenienza all'attività perfino nel duopolio non regolamentato. Essendo il rapporto 8/9, che figura nel lato destro della (12b), minore dell'unità, *a fortiori* la (12b) è verificata, quindi lo è la (12a). Se ne conclude che esistono due punti fissi nell'intervallo considerato, quale che sia il valore di δ scelto dal Regolatore.

A.2 Analisi di Stabilità

Stabilita l'esistenza di due punti fissi nella funzione $q_r^t\left(q_r^{t-1}\right)$, il passo successivo consiste nell'esplorarne la stabilità. La condizione di stabilità è data da

$$\left| \frac{\partial q_r^t}{\partial q_r^{t-1}}_{|q_r^{fi}} \right| < 1, \; i = 1, 2. \tag{13}$$

Cominciamo con il valutare la derivata $\partial q_r^t / \partial q_r^{t-1}$ in corrispondenza di q_r^{f2}. Otteniamo

$$\frac{\partial q_r^t}{\partial q_r^{t-1}}_{|q_r^{f2}} = 1 + \delta - \frac{\delta \beta F_r}{\frac{1}{8}\left(s - \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2}, \tag{14}$$

in cui abbiamo adoperato la notazione $s \equiv \alpha + c_n - 2c_r$. Per esigenze di trattabilità, definiamo altresì $h \equiv 8\beta F_r / \left(s - \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2$, in modo che la condizione di stabilità diventi

$$|1 + \delta (1 - h)| < 1. \tag{15}$$

Pertanto, per il punto fisso a coordinata orizzantale più grande è necessario che si abbia

$$-\frac{2}{\delta} < 1 - h < 0.$$

Tuttavia, affinché la stabilità sia garantita evitando, al contempo, che l'impresa regolata subisca perdite negli ultimi periodi d'implementazione dello schema, è necessario che si abbia

$$1 + \delta (1 - h) > 0 \quad \Leftrightarrow \quad -\frac{1}{\delta} < 1 - h < 0. \tag{16}$$

La (16) assicura che $q_r^t(\cdot)$ sia crescente in corrispondenza del punto d'intersezione con la diagonale del primo quadrante nel piano $\left(q_r^t, q_r^{t-1}\right)$. Ciò implica che, nei periodi che precedono quello di convergenza, la quantità minima consentita all'impresa regolata non ecceda quella che ne azzera il profitto, quindi che non compaiano perdite successivamente irrecuperabili.

Sviluppando il quadrato al denominatore di h, quest'ultimo può essere riscritto

come
$$\frac{s^2}{4} - \beta F_r - \frac{s}{4}\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}.$$
Questa quantità deve essere confrontata con il numeratore di h onde stabilire se h eccede o è minore dell'unità. A tal fine, si consideri l'ulteriore quantità

$$\frac{s^2}{4} - 2\beta F_r - \frac{s}{4}\sqrt{s^2 - 8\beta F_r},$$

la quale può essere più convenientemente espressa come

$$\frac{1}{4}\left(s^2 - 8\beta F_r - s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right).$$

Poiché si ha $s > \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}$, la disuguaglianza $s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r} > s^2 - 8\beta F_r$ è altresì soddisfatta e ne consegue che

$$\frac{1}{4}\left(s^2 - 8\beta F_r - s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right) < 0.$$

Questa condizione è equivalente a

$$\underbrace{\frac{s^2}{4} - \beta F_r - \frac{s}{4}\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}}_{\text{Denominatore di } h} < \underbrace{\beta F_r}_{\text{Numeratore di } h}.$$

Avendo trovato che il numeratore di h eccede il denominatore, possiamo dedurre che $h > 1$, ovvero che $(1-h) < 0$. Pertanto, è sicuramente possibile per il Regolatore individuare valori di δ tali che $-1/\delta < (1-h)$. Per tutti questi valori, il punto $f2$ è un punto fisso stabile.

Passiamo ora a considerare il punto $f1$. Valutata in corrispondenza di q_r^{f1}, la derivata prima $\partial q_r^t / \partial q_r^{t-1}$ diventa

$$\frac{\partial q_r^t}{\partial q_r^{t-1}}_{|q_r^{f1}} = 1 + \delta - \frac{\delta\beta F_r}{\frac{1}{8}\left(s + \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2}. \tag{17}$$

Procedendo come in precedenza, definiamo $h' \equiv 8\beta F_r / \left(s + \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2$. Sviluppando il quadrato al denominatore di h', quest'ultimo può essere scritto come

$$\frac{s^2}{4} - \beta F_r + \frac{s}{4}\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}$$

e va confrontato con βF_r. A tal fine, si consideri l'ulteriore quantità

$$\frac{s^2}{4} - 2\beta F_r + \frac{s}{4}\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}$$

che è equivalente a
$$\frac{1}{4}\left(s^2 - 8\beta F_r + s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right).$$

Il termine in parentesi è positivo, quindi lo è l'intera quantità, ovvero si ha

$$\frac{1}{4}\left(s^2 - 8\beta F_r + s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right) > 0.$$

Tale condizione può essere altresì espressa come

$$\underbrace{\frac{s^2}{4} - \beta F_r + \frac{s}{4}\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}}_{\text{Denominatore di } h'} > \underbrace{\beta F_r}_{\text{Numeratore di } h'}$$

e suggerisce che la relazione $h' < 1$, ovvero $1 - h' > 0$, è verificata. Ne consegue che il punto $f1$ è un punto fisso instabile.

A.3 Relazione tra Punti Fissi e Quantità nel Duopolio Non Regolato

In quanto segue, dimostriamo che, in corrispondenza di $f1$, la quantità dell'impresa r $\left(q_r^{f1}\right)$ è necessariamente più piccola di quella che la stessa impresa produrrebbe se fosse un duopolista non regolato $\left(q_r^C\right)$. L'opposto vale in corrispondenza di $f2$.

Come primo passo, osserviamo che si ha $q_r^{f1} < q_r^C$ se e soltanto se

$$g - \sqrt{g^2 - 2\beta F_r} < \frac{s}{3}$$

o, equivalentemente,

$$s < 3\sqrt{s^2 - 8\beta F_r}.$$

Entrambi i lati della precedente disuguaglianza sono positivi. Pertanto, possiamo elevarli al quadrato preservando la disuguaglianza; otteniamo

$$\frac{s^2}{9\beta} > F_r \;\Leftrightarrow\; \left(p^C - c_r\right) q_r^C > F_r,$$

che è sicuramente soddisfatta per le ragioni illustrate in precedenza. Questo conferma che $q_r^{f1} < q_r^C$.

Il secondo ed ultimo passo da compiere consiste nel dimostrare che $q_r^{f2} > q_r^C$. Questo è vero se e soltanto se

$$g + \sqrt{g^2 - 2\beta F_r} > \frac{s}{3}$$

o, equivalentemente,

$$\frac{s}{2} + 3\sqrt{s^2 - 8\beta F_r} > 0.$$

Quest'ultima condizione risulta verificata poiché entrambi gli addendi del lato sinistro sono quantità positive. Pertanto, $q_r^{f2} > q_r^C$.

A.4 Convergenza all'Equilibrio del Duopolio Misto di Nash-Cournot

Si è dimostrato che sussiste la relazione $q_r^{f1} < q_r^C < q_r^{f2}$. Il vincolo è costruito in maniera tale che, fin dal primo periodo d'implementazione del meccanismo, l'impresa regolata è indotta ad espandere la quantità prodotta oltre la quantità iniziale $q_r^0 \equiv q_r^C$. Pertanto l'algoritmo regolatorio evolve verso q_r^{f2}, non verso q_r^{f1}. Data la stabilità di questa allocazione, il sistema vi permane a convergenza avvenuta.

In corrispondenza dell'allocazione in parola, il profitto dell'impresa r è nullo, mentre l'impresa n consegue il massimo profitto ottenibile data la quantità di equilibrio prodotta dall'agente regolato. Tale allocazione identifica, dunque, l'equilibrio del duopolio misto di Nash-Cournot.

A.5 Limite Superiore del Parametro δ

Si è precedentemente mostrato come la condizione di stabilità per il punto fisso $f2$, compatibile con profitti non-negativi, sia data da $-1/\delta < (1-h) < 0$. Quest'ultima è soddisfatta scegliendo come segue il parametro regolatorio

$$\delta < \frac{\left(s - \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2}{8\beta F_r - \left(s - \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2} \equiv \widehat{\delta}.$$

$\widehat{\delta}$ identifica il limite superiore di δ tale che il punto fisso $f2$ sia stabile e l'impresa regolata consegua profitti non-negativi in ogni periodo d'implementazione del processo regolatorio.

E' immediato verificare che $\widehat{\delta} > 0$. Infatti, il numeratore $\left(s - \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2$ è un quadrato, quindi una quantità positiva. Inoltre, il denominatore è maggiore di zero se e solo se

$$s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r} > s^2 - 8\beta F_r,$$

una condizione che abbiamo stabilito essere certamente vera.

Al fine d'identificare l'ordine di grandezza di $\widehat{\delta}$, ne confrontiamo il numeratore con il denominatore. Il primo eccede il secondo se e solo se

$$\left(s - \sqrt{s^2 - 8\beta F_r}\right)^2 > 4\beta F_r.$$

Questa relazione equivale alla diseguaglianza

$$s^2 - 6\beta F_r > s\sqrt{s^2 - 8\beta F_r},$$

che possiamo ulteriormente scrivere come

$$s^2 - 9\beta F_r < 0.$$

Se ne deduce che $\widehat{\delta} \in (0, 1)$ nel caso in cui $(s^2 - 9\beta F_r) > 0$, mentre $\widehat{\delta} > 1$ per $(s^2 - 9\beta F_r) < 0$.