

4. Teoria dei giochi e produzione di beni pubblici

di Ignazio Musu

1. Produzione privata e produzione pubblica di beni pubblici

Una delle proposizioni «standard» dell'economia pubblica è che il meccanismo di mercato induce ad una sottoproduzione dei beni pubblici in quanto induce a decidere tenendo conto dei costi e dei vantaggi privati e non delle esternalità positive da essi arrecate.

Se più agenti sono posti di fronte al problema di contribuire a fornire un bene pubblico, possiamo ipotizzare che ciascuno di essi segua un comportamento alla Nash-Cournot in quanto la loro situazione si può pensare in modo analogo al rapporto di interdipendenza che si forma in situazioni oligopolistiche.

Dal punto di vista della funzione di utilità di ciascun agente, il contributo proprio e quello degli altri si rivelano come perfetti sostituti cosicché un aumento del contributo degli altri provoca una uguale riduzione del contributo proprio. Questo effetto di sostituzione (che rende la curva di reazione di ciascun agente negativa con inclinazione unitaria) può venire contrastato da un possibile effetto di reddito, dovuto al fatto che un aumento del contributo degli altri agenti aumenta la propria disponibilità, che può rivolgersi sia ad un maggiore acquisto di beni privati sia ad un maggiore contributo alla produzione del bene pubblico. Se le preferenze sono quasi-lineari, come spesso si assume in questa letteratura, gli incrementi di reddito saranno spesi solo in consumi privati e l'effetto di reddito è zero [Cornes-Sandler 1987].

L'equilibrio Nash-Cournot è tipicamente non efficiente nel senso di Pareto e, da quanto appena detto, si ricava che esso sarà tanto più distante dall'efficienza paretiana quanto minore sarà l'effetto di reddito.

Al risultato di sottoproduzione di beni pubblici attraverso il meccanismo di mercato si è risposto proponendo la produzione pubblica dei beni pubblici: una risposta data storicamente con intensità diverse da una realtà all'altra. Questa risposta appare tuttavia oggi meno scontata di un tempo non solo perché anche la produzione pubblica di beni pubblici ha posto problemi in termini di efficienza, ma anche perché sono emersi nuovi tipi di beni pubblici per i quali un coinvolgimento degli agenti economici appare in qualche modo necessario, mentre non sembra sufficiente affidarsi al solo intervento pubblico.

diretto. Quest'ultimo potrebbe eventualmente assumere una forma indiretta attraverso una politica degli incentivi.

Un esempio è fornito da un particolare tipo di bene pubblico che possiamo definire come «qualità dell'ambiente»: esso ha le caratteristiche tipiche di un bene pubblico in quanto è simultaneamente usabile da più agenti e nessuno di questi può essere agevolmente escluso dall'uso. Certamente è compito della politica economica intervenire per garantire che la qualità ambientale venga assicurata: ma questo spesso avviene mediante interventi *ex-post*, come nel campo del disinquinamento con interventi diretti di depurazione, con l'imposizione di standards o con l'uso di tasse o sussidi.

Quando però ci poniamo il problema della garanzia *ex-ante* del bene pubblico «qualità dell'ambiente», non possiamo prescindere da comportamenti cooperativi da parte degli agenti economici. A questo riguardo l'azione pubblica sembra manifestarsi in modo più adeguato attraverso la politica degli incentivi.

È a questo proposito che si rende interessante il ricorso alla teoria dei giochi. Si può innanzitutto notare che se gli agenti seguono un comportamento alla Lindhal (ossia il contributo di ognuno dipende non dal valore assoluto, ma dalla quota del contributo degli altri, e quindi dalla quota del proprio contributo) si raggiunge un equilibrio efficiente: l'equilibrio alla Lindhal è cioè efficiente nel senso di Pareto. Ma ancora qui la letteratura sui beni pubblici ci avverte che non possiamo meccanicamente applicare i risultati degli equilibri in economie con beni privati. In queste ultime infatti si dimostra che all'aumentare del numero degli agenti il nucleo converge verso l'equilibrio walrasiano; ma non si può dimostrare che all'aumentare del numero degli agenti il nucleo di un'economia con beni pubblici converge verso un unico equilibrio alla Lindhal [Atkinson-Stiglitz 1980]. Vi possono cioè essere una quantità di coalizioni che non possono migliorare l'allocazione delle proprie risorse nella produzione del bene pubblico, pur essendovene altre che non partecipano alla produzione: un comportamento «free riding» cioè non può essere evitato senza un esplicito intervento del governo nel fissare le quote adeguate.

Ma questo esige che il governo disponga delle preferenze correttamente rivelate da parte dei consumatori; e sappiamo che i vari meccanismi proposti quali incentivi alla rivelazione corretta delle preferenze degli agenti non garantiscono che si eviti il problema della sottoproduzione o di un certo spreco di risorse [Còrnes-Sandler 1987].

2. Produzione privata del bene pubblico come un gioco «dilemma del prigioniero» a N persone

Quanto si è appena detto induce a ritenere più opportuno rivolgersi alla teoria dei giochi non cooperativi per chiederci se si può pensare come ragionevole e a quali condizioni una loro soluzione caratterizzata da strategie cooperative nella produzione del bene pubblico.

In altre parole, ponendoci in un contesto di un gioco a N persone con strategie binarie (cooperare o non cooperare), domandiamoci se l'incentivo al comportamento «free riding» è così forte da compromettere la produzione o se invece la produzione cooperativa del bene è possibile, magari anche se qualcuno non coopera.

Le risposte pessimistiche a questo quesito partono dall'idea che il gioco che meglio rappresenta questo problema di decisione è il «dilemma del prigioniero».

Illustriamo le caratteristiche di questo gioco facendo riferimento ad una recente trattazione di Michael Taylor [1987]. Supponiamo che il guadagno di ciascun giocatore dipenda dal numero di altri giocatori che cooperano. Sia v il numero di *altri* giocatori che cooperano; sia $g(v)$ il guadagno di un giocatore che *non* coopera quando v giocatori cooperano; sia $f(v)$ il guadagno di un giocatore che coopera quando v altri giocatori cooperano.

Definiamo come caratteristiche essenziali di un gioco del dilemma del prigioniero a N persone le due seguenti:

- a) $g(v) > f(v)$
- b) $f(N - 1) > g(0)$.

La condizione (a) dice che indipendentemente dal numero degli altri che cooperano ogni giocatore guadagna di più non cooperando che cooperando; la condizione (b) dice che la cooperazione universale è preferita alla non cooperazione universale.

Si può aggiungere come ragionevole, ma non necessaria alla definizione del Dilemma del Prigioniero, la condizione per cui il guadagno che si riceve non cooperando è tanto maggiore quanto più ampio è il numero di altri che cooperano: c) $g(v) > g(v - 1)$.

È ben noto che se il gioco del dilemma del prigioniero viene giocato una sola volta, il suo unico equilibrio è una strategia di non cooperazione da parte di tutti i giocatori. Ma supponiamo di ripetere il gioco per un numero infinito di volte: supponiamo cioè che il bene pubblico del quale ci stiamo interessando vada fornito continuamente, come ad esempio è il caso della qualità dell'ambiente.

Allora certamente una strategia di non cooperazione universale,

che indicheremo con D , sarà un equilibrio: a nessuno infatti converrà autonomamente scegliere di collaborare a motivo della condizione (a).

Ma supponiamo che ogni giocatore segua la seguente strategia di cooperazione condizionale: coopero nel primo gioco, e poi continuo a cooperare se e solo se tutti gli altri $(N - 1)$ cooperano. Si può agevolmente mostrare che ciò conduce ad una cooperazione universale che è un equilibrio se si verifica la seguente condizione

$$[1] \quad 1 \geq \alpha_i \geq \frac{g(N-1) - f(N-1)}{g(N-1) - g(0)}$$

dove α_i è un fattore di sconto definito da

$$\alpha_i = \frac{1}{1 + \delta_i}$$

con δ_i che indica il saggio di preferenza temporale.

Questa condizione deriva dall'argomentazione seguente. Se un giocatore decide di non cooperare nel primo gioco, egli guadagna $g(N - 1) > f(N - 1)$; ma a partire dal gioco successivo nessun altro coopererà e perciò nei giochi successivi egli avrà un guadagno pari a $g(0) < f(N - 1)$. Al giocatore converrà continuare a cooperare se il valore attuale dei guadagni quando coopera supera il valore attuale dei guadagni quando non coopera, ossia se

$$f(N-1) + f(N-1)\alpha_i + f(N-1)\alpha_i^2 + \dots \geq g(N-1) + g(0)\alpha_i + g(0)\alpha_i^2 + \dots$$

che porta alla condizione [1].

Indichiamo con C la strategia di cooperazione condizionale universale. Si può agevolmente dimostrare che tale strategia è stabile contro ogni altro tipo di strategia [Taylor 1987].

Naturalmente la strategia di cooperazione universale condizionale è preferita alla strategia di non cooperazione universale in quanto per ipotesi si ha che $f(N - 1) > g(0)$.

Dunque, se il saggio di sconto è sufficientemente basso, è possibile che il dilemma del prigioniero trovi soluzione in una strategia universale di cooperazione condizionale. Taylor si chiede a questo punto se sia possibile un equilibrio del gioco, in cui solo $m < N$ giocatori cooperano, mentre gli altri $(N - m)$ non cooperano.

Applicando lo stesso ragionamento di prima si trova facilmente che una situazione di questo genere è un equilibrio se e solo se si verifica la seguente condizione

$$[2] \quad 1 \geq \alpha_i \geq \frac{g(m-1) - f(m-1)}{g(N-1) - g(0)}$$

che deriva da

$$f(m-1) + f(m-1)\alpha_i + f(m-1)\alpha_i^2 + \dots \geq g(m-1) + g(0)\alpha_i + (0)\alpha_i^2 + \dots$$

Come si vede, se è valida l'ipotesi del dilemma del prigioniero per cui $g(m-1) > f(m-1)$, affinché si ponga la convenienza a cooperare è necessario che si verifichi la seguente condizione aggiuntiva

$$[3] \quad f(m-1) > g(0)$$

e questa condizione non è implicata da nessuna ipotesi del dilemma del prigioniero. Taylor [1987] non fa alcun cenno della [3] e questo rende più oscura la sua analisi successiva.

Consideriamo ora la condizione [3] e domandiamoci che cosa significa. Evidentemente essa significa che ognuno preferisce una situazione nella quale coopera con un certo numero di altri agenti producendo il bene ad una situazione nella quale il bene non viene prodotto perché nessuno coopera. Un altro modo di interpretare la condizione [3] è che un certo numero di agenti produce una quantità sufficiente di bene pubblico tale da dare a tutti un vantaggio maggiore che il non averlo.

Come si è appena detto, la condizione [3] non è implicata dal dilemma del prigioniero. Ma supponiamo che si verifichi. Allora, se il saggio di sconto è sufficientemente basso, ossia se si verifica anche la condizione 2, una combinazione di strategia di cooperazione condizionale da parte di m giocatori con $(N-m)$ che non cooperano è un equilibrio. Indichiamo tale combinazione con (Cm, D) : può essa essere il risultato del gioco? Siccome la [3] è soddisfatta, possiamo senz'altro dire che (Cm, D) è preferito a D . Ma si pone un problema tra (Cm, D) e C .

Ovviamente ogni giocatore che coopera preferisce stare in C , perché i costi di produzione del bene sono ripartiti tra più agenti. Ma un giocatore che in (Cm, D) non coopera preferirà stare in C , ossia cooperare, solo se $f(N-1) > g(m)$; altrimenti, se $g(m) > f(N-1)$, preferirà non cooperare. Ora data l'ipotesi (c) fatta all'inizio, la convenienza del giocatore a non collaborare sarà tanto maggiore quanto maggiore è il numero degli altri che collaborano.

3. Dal dilemma del prigioniero a giochi con cooperazione necessaria ma con risultato indeterminato

La possibilità di equilibri nei quali una parte degli agenti collabora e un'altra non collabora alla produzione del bene pubblico apre una indeterminazione nel risultato del gioco; questa permane anche se gli equilibri preferiti sono quelli del tipo (C_m, D) . Supponiamo infatti che m sia così elevato che $g(m) > f(N - 1)$: in particolare supponiamo che $m > s$, dove s è una eventuale soglia minima di persone il contributo delle quali è necessario per produrre il bene pubblico.

Allora avremo $\binom{N}{m}$ possibili equilibri del tipo (C_m, D) . Ognuno dei giocatori preferisce essere quello che non coopera, mentre il bene pubblico viene prodotto dalla cooperazione degli altri. E ognuno potrebbe avere l'incentivo ad annunciare agli altri che non collaborerà, nella speranza che gli altri siano indotti a collaborare. In questa situazione il risultato può ben essere la non produzione del bene pubblico, perché tutti potrebbero finire per decidere di non cooperare. A questo proposito Taylor [1987] sostiene che da un «dilemma del prigioniero» siamo in realtà passati ad una generalizzazione a N persone di un «chicken game» 2×2 : in questo gioco, come è noto, il risultato è indeterminato, in quanto ciascuno dei due contendenti ha un incentivo a non cooperare pensando che ciò stimoli il comportamento cooperativo dell'altro.

La situazione che abbiamo discusso è tale che per ogni giocatore è preferibile collaborare in un gruppo di m agenti piuttosto che non collaborare quando nessun altro collabora; mentre è preferibile non collaborare piuttosto che collaborare quando $(m - 1)$ altri collaborano. Questo implica che il numero m di agenti che cooperano sarà al di sopra di s (che, come abbiamo detto, è il numero minimo di agenti necessari per fornire il bene pubblico o la quantità minima di esso).

Ne segue che il passaggio dal dilemma del prigioniero al «chicken game» avviene solo se il gruppo di agenti che collabora supera la soglia minima necessaria per produrre il bene pubblico.

Ma supponiamo che, essendo s il numero minimo di persone necessarie per produrre un bene pubblico, un numero maggiore di persone che cooperano non ne produca una quantità superiore. Cosa possiamo dire di una combinazione di strategie del tipo (C_s, D) ?

Dobbiamo osservare che il gioco per decidere chi debbano essere i giocatori che cooperano non è più un dilemma del prigioniero. Infatti il guadagno che si ricava non cooperando se $(s - 1)$ cooperano è *minore*, e non maggiore, di quello che si ricava cooperando: scegliendo quest'ultima strategia si rende possibile la produzione del be-

ne, mentre scegliendo la prima il bene non verrà prodotto. Dunque si avrà

$$f(s - 1) > g(s - 1)$$

in contrasto con l'ipotesi (a) che definisce il dilemma del prigioniero.

Jean Hampton [1988] ha sostenuto che il gioco diventa una generalizzazione ad N persone della «battaglia dei sessi» 2×2 . Com'è noto [Luce-Raiffa 1957] questo gioco ha due equilibri cooperativi e si deve contrattare per decidere quale dei due sarà il risultato.

Questa indicazione di generalizzazione di un gioco «battaglia dei sessi» lascia però qualche dubbio. Infatti nel gioco 2×2 si conviene che si *deve* collaborare e si stabilisce che per decidere bisogna comunicare: cioè, nel caso specifico, contrattare. Nel caso di produzione del bene pubblico che stiamo esaminando ognuno decide separatamente dagli altri e può benissimo succedere che alla fine la collaborazione non si realizzi, ossia che il bene pubblico non venga prodotto: esiste cioè un conflitto che non necessariamente viene risolto mediante la cooperazione.

Consideriamo ad esempio il seguente caso in cui ci sono tre giocatori, e due di essi sono il minimo necessario per produrre il bene pubblico. Il bene pubblico in questione sia la qualità dell'ambiente di un lago, e precisamente la sua capacità di autodepurazione; i tre giocatori siano tre agricoltori che scaricano i residui della fertilizzazione come effluenti nel lago. Se due di questi agricoltori usano particolari accorgimenti circa le tecniche di fertilizzazione, la capacità di autodepurazione del lago non viene compromessa (ovviamente se tutti e tre li introducono le cose vanno ancora meglio); ma se li usa uno solo il lago andrà lo stesso verso la catastrofe ecologica.

È subito evidente che il gioco può essere pensato come una «battaglia dei sessi» con tre risultati possibili in cui due giocatori cooperano e l'altro non coopera. La situazione in cui tutti e tre non cooperano non è invece un risultato possibile; ad esso sono preferiti gli equilibri del tipo $(C2, D)$, in quanto a nessun giocatore che coopera conviene passare alla strategia di non cooperazione. Ma il problema è: si otterrà veramente uno dei tre risultati possibili in cui due giocatori cooperano e l'altro non coopera in condizioni di decisione non cooperativa?

La risposta può benissimo essere negativa. Infatti ognuno dei tre ha la convenienza ad essere quello che non coopera: ed analogamente al caso visto prima in cui eravamo partiti da un dilemma del prigioniero, può decidere di inviare un messaggio di non cooperazione nella speranza di indurre gli altri due a cooperare.

A questo punto il problema se si passi da un dilemma del prigio-

niero ad un «chicken game» o a un gioco «battaglia dei sessi» sembra a me poco importante di fronte al problema principale, che è costituito dall'indeterminatezza del risultato. Questa indeterminatezza si spiega con il fatto che l'esistenza di vantaggi relativi delle diverse possibili combinazioni di strategie cooperative introduce nel gioco non cooperativo un conflitto, il cui esito può essere una combinazione di strategie di non cooperazione. Il bene pubblico cioè potrà non essere prodotto perché tutti seguono la strategia non cooperativa; nel caso specifico il lago andrà incontro alla catastrofe ecologica perché nessuno decide di iniziare l'impiego di accorgimenti e tecniche di fertilizzazione adeguate.

4. Cooperare o non cooperare: un problema di decisione in condizione di incertezza

In situazioni indeterminate come quelle di cui ci siamo appena occupati la possibilità di risultati cooperativi è affidata al formarsi di gruppi di cooperatori la cui dimensione superi la eventuale soglia minima necessaria per la produzione del bene pubblico. La decisione se cooperare o non cooperare dipende dal grado di avversione al rischio degli agenti.

Supponiamo che ciascun giocatore assegni una certa probabilità di un comportamento cooperante a ciascuno degli altri. Egli può calcolarsi un guadagno atteso differenziale in una situazione nella quale coopera rispetto ad un'altra nella quale non coopera: deciderà di cooperare se tale guadagno atteso differenziale è positivo. Per calcolarlo, supponiamo ancora una volta che ogni coalizione di s giocatori su N possa fornire il bene pubblico, mentre coalizioni più ampie non ne possono fornire un ammontare superiore. Si dimostra [Taylor-Ward 1982] che il guadagno atteso differenziale per un generico giocatore sarà pari alla sua valutazione del bene pubblico moltiplicata per la probabilità di essere determinante nel formare una delle coalizioni in grado di produrlo, meno il costo che deve sostenere.

Ora può essere che la probabilità di cooperare che egli assegna agli altri sia così piccola che il proprio contributo non riesce in nessun caso ad essere determinante; oppure può essere che la probabilità sia così grande da far diventare inutile il proprio contributo. Ma vi sarà un intervallo intermedio, nel quale i valori delle probabilità saranno tali da garantire un risultato cooperativo.

E dunque, nonostante l'indeterminatezza dei risultati del gioco, la conclusione non deve essere necessariamente pessimistica riguardo alla possibilità di una fornitura cooperativa dei beni pubblici.

Un problema di cui si è molto discusso è se la possibilità di solu-

zioni effettive di cooperazione aumenta o diminuisce quando il numero dei partecipanti alla comunità aumenta. Taylor e Ward [1982] ipotizzano che al crescere del numero dei giocatori la probabilità soggettiva di cooperare che ciascuno assegna agli altri diminuisca, ma mostrano che la possibilità di cooperazione può alla fine crescere: questo avviene perché cresce il numero di coalizioni nelle quali il singolo agente diventa determinante e questo lo spinge alla cooperazione. Mancur Olson [1965] tuttavia saggiamente sottolinea come sia naturale che la cooperazione tra un numero relativamente ampio di persone è meno probabile che tra un piccolo numero: soprattutto perché, all'aumentare della dimensione del gruppo, diventa più difficile quell'azione di controllo sociale anche informale che è necessaria al fine di garantire l'attuazione di strategie di cooperazione condizionale.

5. Conclusioni

La discussione svolta mostra che il raggiungimento di una soluzione cooperativa al problema della produzione di beni pubblici senza la gestione o l'intervento diretto da parte dello Stato ha tanta maggiore probabilità di realizzarsi quanto maggiore è la percezione soggettiva dell'importanza del bene e quanto maggiore è l'interesse per le generazioni future, quale si manifesta in un basso saggio di preferenza temporale.

Altre condizioni strutturali possono tuttavia facilitare tale esito cooperativo. In primo luogo, se si esce dalla logica di iterazione dello stesso gioco e si ammette invece che i guadagni possano aumentare in media come risultato di scelte cooperative precedenti, la mutua cooperazione diventa più probabile. In secondo luogo la cooperazione diventa più probabile se nella funzione di utilità di almeno alcuni giocatori entrano, oltre al guadagno proprio, i guadagni degli altri (con peso positivo (altruismo)).

Riferimenti bibliografici

- Atkinson, A. e Stiglitz, J. (1980), *Lectures on Public Economics*, New York, McGraw-Hill.
- Cornes, R. e Sandler, R. (1987), *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Hampton, J. (1987), *Free Rider Problems in the Production of Collective Goods*, *Economics and Philosophy*, 245-273.
- Luce, D. e Raiffa, H. (1957), *Games and Decisions*, New York, John Wiley.

- Olson, M. (1965), *The Logic of Collective Action*, Harvard, Harvard University Press, trad. it. *La logica dell'azione collettiva*, Milano, Feltrinelli, 1983.
- Taylor, M. (1987), *The Possibility of Cooperation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Taylor, M. e Ward, H. (1982), *Chickens, Whales and Lumpy Goods*, *Political Studies*, 350-370.