

ECOLOGIA, EQUILIBRIO ECONOMICO GENERALE
E LE ANALISI DINAMICHE RECENTI

Alcuni economisti mostrano di ritenere che l'analisi economica tradizionale non sia adeguata per affrontare i problemi ecologici, convinzione, credo, che nasce dalla mancata considerazione nelle trattazioni tradizionali di questi problemi (a parte pochissimi, eterodossi, accenni). Mi propongo, allora, di esaminare la teoria dell'equilibrio economico generale per mostrare come, al riguardo, non demeriti, tenuto conto, peraltro, che oggetto di analisi sono le scelte degli uomini sulla base del principio di razionalità economica. Quindi, la teoria è adeguata se queste scelte razionali tengono in considerazione anche tutti quegli effetti sfavorevoli illustrati dalla letteratura ecologica, compreso il depauperamento delle risorse naturali.

Nell'equilibrio economico generale si ha per ogni unità di decisione (di consumo, di produzione, di amministrazione pubblica, ecc.) una funzione da massimizzare, che rappresenta le preferenze che l'unità segue con la sua scelta, e l'insieme delle alternative fra cui scegliere. Indicando la funzione da massimizzare con $U(x)$ e l'insieme delle alternative con il vincolo $g(x) \geq 0$, in cui $x = (x_1, \dots, x_n)$ è un vettore di quantità di beni che rappresenta la scelta dell'unità di decisione, la teoria dell'equilibrio economico generale determina la decisione dell'unità in esame risolvendo un problema di massimo vincolato: l'unità effettua la scelta x che massimizza $U(x)$ sotto il vincolo $g(x) \geq 0$.

Conviene, ora, illustrare con una certa enfasi alcune caratteristiche della teoria appena sintetizzata, distinguendo tre punti.

1) La funzione $U(x)$ da massimizzare tiene conto non solo dei vantaggi che derivano all'unità di decisione dalla scelta da compiere, ma anche degli svantaggi. Ad esempio, per una unità

di consumo, indicando con x_1 la quantità di cibo, la funzione di utilità $U(x_1, \dots, x_n)$ esprime una valutazione in cui x_1 entra sia con i suoi aspetti piacevoli (in relazione con l'appetito, la golosità, ecc.) che con quelli spiacevoli (in relazione con la salute fisica, l'estetica personale, ecc.). Perciò, la generica unità di decisione sceglie tenendo conto anche degli effetti negativi (compresi quelli inquinanti) che la sua scelta determina nei suoi riguardi.

2) La funzione da massimizzare e il vincolo possono dipendere anche dalle scelte effettuate dalle altre unità di decisione: questa dipendenza non viene esplicitata nella teoria dell'equilibrio economico generale solo perchè non influisce sul procedimento analitico di determinazione della scelta, pur influenzando su questa. Ossia, considerando la prima delle m unità di decisione, si hanno la funzione da massimizzare $U_1[x_1, x_2(x_1), \dots, x_m(x_1)]$ e il vincolo $g_1[x_1, x_2(x_1), \dots, x_m(x_1)] \geq 0$, in cui solo il vettore x_1 è scelto dalla prima unità mentre gli altri vettori, che rappresentano le scelte delle altre unità di decisione, sono funzioni (eventualmente costanti) (1) del vettore x_1 non modificabili dalla prima unità (2). Ad esempio, per un individuo la rumorosità della via in cui abita, che è determinata dal comportamento di numerosi individui, compreso l'individuo in esame (e il comportamento degli altri può dipendere anche dal comportamento di questi), influisce sulla funzione di utilità dell'individuo e può determinare alcuni suoi consumi (come quello di isolanti acustici, ecc.). Perciò, la generica unità di decisione sceglie tenendo conto anche degli effetti positivi e negativi che le scelte di tutte le unità di decisione determinano nei suoi riguardi.

3) La funzione da massimizzare dipende anche dalle aspettative sul futuro, di modo che la scelta dell'unità di decisione tiene conto anche dell'influenza che ne risulta sulle risorse destinate al futuro (3). Ad esempio, sia X la quantità fissa disponi-

(1) Queste altre scelte dipendono, ovviamente, da molte altre grandezze. Qui, interessa esplicitare unicamente la loro dipendenza da x_1 , che è il vettore delle variabili da determinare.

(2) Proprio perchè le funzioni che esprimono le decisioni delle altre unità non sono oggetto di scelta per l'unità in esame, la scelta di questa può essere presentata come soluzione del problema di massimo della funzione $U_1(x_1)$ sotto il vincolo $g_1(x_1) \geq 0$, invece che della funzione $U_1[x_1, x_2(x_1), \dots, x_m(x_1)]$ sotto il vincolo $g_1[x_1, x_2(x_1), \dots, x_m(x_1)] \geq 0$.

(3) Le risorse risparmiate o risparmio (V. PARETO, *Corso di economia politica*, Torino, 1971, p. 418, « Il risparmio è costituito dai beni economici che gli individui si sono astenuti dal consumare ») possono essere elementi del vettore x . Si noti che la definizione di risparmio qui accolta, che è quella

bile di un bene e sia x la parte di questa quantità che l'unità decide di consumare oggi. Se la funzione da massimizzare è del tipo $U(x) = \ln x + a \ln(X - x)$ (in cui $X - x$ è il risparmio e $a \geq 0$ un coefficiente che misura la sensibilità dell'unità per il suo futuro), si ottiene $x = \frac{X}{1+a}$ (e, quindi, $X - x = \frac{aX}{1+a}$).

Perciò, la generica unità di decisione sceglie tenendo conto anche degli effetti positivi e negativi che la sua scelta e quelle delle altre unità di decisione determinano sul suo futuro.

Quindi, l'analisi dell'equilibrio economico generale è perfettamente adeguata allo studio delle scelte che le unità di decisione compiono nel mondo inquinato e impoverito di risorse naturali: anche in queste condizioni ciascuna unità sceglie nel modo migliore in relazione alle sue preferenze e alle alternative di scelta che le sono consentite. Ne consegue che le questioni ecologiche sono trattabili con gli strumenti dell'equilibrio economico generale e conducono a problemi analitici già noti: ad esempio, nella economia del benessere, le questioni dell'inquinamento, se corrispondono al caso indicato sub 2), conducono a problemi di esternalità. È possibile allora concludere che ogni problema ecologico è analizzabile staticamente nell'ambito dell'equilibrio economico generale.

Quanto appena affermato richiede che vengano considerate, seppur brevemente, se non altro per valutare quanto esse aggiungano all'analisi statica dell'equilibrio economico generale, le analisi dinamiche proposte recentemente dalla letteratura economica per i problemi ecologici. Queste sono, per quanto io conosca, di due tipi: a) analisi fondate sulla teoria dei sistemi; b) analisi fondate sulla teoria del controllo ottimo.

a) Il primo tipo di analisi, di cui la ricerca diretta da Meadows per conto del Club di Roma (4) è l'esempio più noto, ma che risale fondamentalmente all'analisi di Volterra sulla lotta per la vita (5), ricerca, in base alle interrelazioni temporali ipo-

della teoria dell'equilibrio economico generale, non coincide con la definizione corrente (e keynesiana) secondo cui il risparmio è la parte non consumata del reddito (del reddito, invece che della disponibilità totale di beni economici, cioè del patrimonio).

(4) D. L. MEADOWS e altri, *I limiti dello sviluppo*, Milano, 1972.

(5) V. VOLTERRA, *Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi*, Mem. Accad. Lincei, 2, 1926, pp. 31-113, e in scritti posteriori.

tizzate fra le grandezze in gioco, gli andamenti nel tempo di queste grandezze. Questo tipo di analisi è soggetto a due critiche principali. La prima critica pone in evidenza l'enorme peso di alcune ipotesi, variando le quali possono risultare effetti diversissimi. Ad esempio, il risultato catastrofico cui perviene la ricerca per il Club di Roma è causato, nella maggior parte dei casi esaminati nelle simulazioni, dall'ipotesi discutibilissima che lo sviluppo tecnologico non riuscirà a tener testa alla diminuzione delle risorse minerarie (6). Si noti anche, in questa stessa ricerca, che per il modo di aggregazione seguito l'accrescimento esponenziale della produzione industriale richiede un eguale accrescimento esponenziale delle singole componenti attuali della produzione, quindi con l'elevato saggio unitario di inquinamento e di consumo di certi minerali proprio dell'epoca odierna, ma non presumibilmente del futuro. Ad esempio, potrebbe accadere che beni (come il petrolio) oggi richiestissimi dalla produzione industriale risultino per questa nel futuro privi di valore, o di importanza trascurabile, per cui l'eventuale astensione dal consumo odierno a favore di quello futuro si tramuterebbe in una perdita di benessere per l'umanità. La seconda critica, invece, è rivolta al fatto che in queste analisi si ipotizza un comportamento della società predeterminato oggettivamente, che non dipende cioè da scelte razionali. Quindi, fra l'altro, la conclusione della ricerca per il Club di Roma, che è l'invito a porre limiti allo sviluppo, non risulta da un criterio analitico di ottimo, cioè questa raccomandazione non è ricavata ricercando formalmente la soluzione migliore fra tutte quelle possibili.

(6) D. L. MEADOWS e altri, *op. cit.*, pp. 58-59, « Al ritmo di consumo attuale, prevedibilmente destinato a crescere, la grande maggioranza delle materie prime non rinnovabili di impiego più comune raggiungerà costi proibitivi nel giro di un centinaio di anni. Questa conclusione — che non è più sorprendente, essendosi già visto con quanta rapidità una grandezza che cresca esponenzialmente riesce a raggiungere qualsiasi valore prefissato — vale anche nell'ipotesi di scoprire nuovi giacimenti o di compiere sostanziali progressi nella tecnica, di riutilizzare le materie già usate o di sostituirle in parte con altre aventi un costo inferiore, se la domanda continua a crescere esponenzialmente. I prezzi delle materie prime caratterizzate da valori particolarmente bassi dell'indice statico hanno già cominciato a salire: ad esempio, il prezzo del mercurio è cresciuto del 500% negli ultimi 20 anni e quello del piombo è cresciuto del 300% negli ultimi 30 anni ». Ma questo incremento del prezzo del piombo equivale al 3,7% l'anno soltanto e, inoltre, non si riscontra per nulla una tendenza generale all'accrescimento del prezzo dei minerali più rapido che per gli altri beni. Quindi questi incrementi sono dovuti all'inflazione monetaria e non alla pretesa crescente scarsità di metalli.

b) Il secondo tipo di analisi non è soggetto a quest'ultima critica proprio perchè tiene conto di ciò ricercando la successione temporale ottima delle scelte (7). Questa analisi, però, non differisce, a mio avviso, sostanzialmente dal caso statico illustrato sub 3) (8), distinguendosi da questo soltanto nella specificazione della dipendenza della funzione massimizzanda dal futuro, considerando, in luogo delle risorse risparmiate, l'impiego futuro di queste. Ad esempio, il semplice problema già trattato staticamente sub 3) (con $U(x) = \ln x + a \ln(X - x)$ e soluzione $x = \frac{X}{1+a}$) viene impostato, con la teoria dinamica, in uno dei due modi seguenti, a seconda che si consideri il tempo costituito da una

(7) Si veda, ad esempio, E. KEELER, M. SPENCE e R. ZECKHAUSER, *The optimal control of pollution*, « Journal of economic theory », 1972, pp. 19-34. In questo articolo sono considerati diversi modelli di controllo dell'inquinamento. Il primo dei due modelli esaminati in dettaglio impiega come indice

del benessere della società il funzionale $W = \int_0^{\infty} u(c, P) e^{-rt} dt$, in cui c misura il consumo e P l'inquinamento, mentre r è il saggio soggettivo di sconto. Assegnata la funzione di produzione $y = f(K)$, in cui y è il prodotto e K il capitale, si hanno (identicamente) i vincoli dinamici $\dot{K} = (1 - \alpha - \beta) \cdot f(K) - aK$ e $\dot{P} = (1 - \beta d) \cdot f(K) - bP$, in cui α è la propensione al consumo, β è la quota del reddito spesa per il controllo dell'inquinamento, a è il tasso di ammortamento del capitale, d è la diminuzione dell'inquinamento che è possibile ottenere con la spesa di una unità di prodotto, b è il tasso di diminuzione naturale dell'inquinamento. Mentre a , d e b sono dati, si tratta di determinare le funzioni $\alpha(t)$ e $\beta(t)$ in modo da massimizzare W sotto i vincoli dinamici indicati. Nel caso dello stato stazionario, in cui cioè si mantengono costanti K e P , si ricava la soluzione dal seguente sistema di equazioni algebriche

$$\begin{aligned} f(K) \cdot (1 - \alpha - \beta) &= aK, & f(K) \cdot (1 - \beta d) &= bP, \\ f'(K) &= \frac{a}{1 - 1/d}, & up &= -uc \frac{b}{d}. \end{aligned}$$

(Le ultime due equazioni non coincidono con quelle indicate nell'articolo citato come (14) e (15) perchè queste sono sbagliate).

(8) Infatti, il problema di controllo ottimo dell'inquinamento nello stato stazionario considerato nella nota precedente si può risolvere staticamente considerando la funzione $u(c, P)$, con $c = \alpha f(K)$, da massimizzare rispetto alle variabili K , P , α e β , sotto i vincoli $aK = (1 - \alpha - \beta) \cdot f(K)$ e $bP = (1 - \beta d) \cdot f(K)$. In tal caso, si ha la funzione lagrangiana

$$\begin{aligned} L(K, P, \alpha, \beta) &= u[\alpha f(K), P] + \lambda [aK - (1 - \alpha - \beta) \cdot f(K)] + \\ &+ \mu [bP - (1 - \beta d) \cdot f(K)], \end{aligned}$$

cui risultano associate come condizioni del primo ordine le quattro equazioni già indicate.

successione discreta o continua di punti. Nel primo modo, si ha la funzione

$$W = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\ln x_t}{(1+r)^t},$$

in cui x_t è la quantità del bene da consumare al tempo t (misurato a partire dall'istante iniziale) e r è il tasso di sconto secondo cui viene attualizzata l'utilità riferita ai successivi istanti futuri di tempo, da massimizzare rispetto a x_0, x_1, \dots , sotto il vincolo $\sum_{t=0}^{\infty} x_t = X$. Si ha allora la funzione lagrangiana

$$L(x_0, x_1, \dots) = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{\ln x_t}{(1+r)^t} + \lambda (X - \sum_{t=0}^{\infty} x_t),$$

da cui si ottiene la soluzione

$$x_t = \frac{r X}{(1+r)^{t+1}}, \quad t = 0, 1, \dots,$$

cioè, nell'istante iniziale (quello che più interessa, perchè riguarda la scelta da fare oggi, mentre le scelte posteriori potranno subire mutamenti se nel frattempo la situazione dovesse modificarsi),

$$x_0 = \frac{r}{1+r} X,$$

che coincide con la soluzione trovata staticamente, ponendo $a = 1/r$. (Peraltro, anche le altre soluzioni x_1, x_2, \dots possono essere ricavate staticamente, ponendo $U(x_t) = \ln x_t + a \ln (X_t - x_t)$, in cui $X_t = - \sum_{k=0}^{t-1} x_k$ è, per ogni successivo istante di tempo, un dato). Nel secondo modo, si ha il funzionale

$$W = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \ln x(t) dt,$$

in cui $x(t)$ è l'intensità del consumo del bene al tempo t e ρ è il tasso di sconto nel continuo, tale cioè che $\rho = \ln(1+r)$,

da massimizzare rispetto alla funzione $x(t)$, sotto il vincolo $\int_0^{\infty} x(t) dt = X$. Questo semplice problema di calcolo delle variazioni si risolve considerando la funzione

$$H[x(t)] = e^{-\rho t} \ln x(t) + \lambda x(t),$$

da cui, annullando la derivata rispetto a $x(t)$, risulta l'equazione $\frac{1}{x(t)} e^{-\rho t} + \lambda = 0$, cioè la funzione $x(t) = -\frac{1}{\lambda} e^{-\rho t}$, che, in virtù del vincolo, risulta essere $x(t) = \rho X e^{-\rho t}$. Questa soluzione coincide con la precedente ponendo

$$x_t = \int_t^{t+1} x(t) dt,$$

poichè risulta $x_t = X e^{-\rho t} (1 - e^{-\rho})$, cioè, essendo $\rho = \ln(1 + r)$, proprio

$$x_t = \frac{r X}{(1 + r)^{t+1}}.$$

Perciò, per le analisi dinamiche indicate, si ha che la determinazione della scelta migliore o non è considerata (come in quelle del primo tipo) oppure non differisce dalla determinazione dell'analisi statica (come accade nelle analisi dinamiche del secondo tipo). Quindi, i problemi di scelta, anche nell'ambito delle questioni ecologiche, non possono essere trattate con le analisi dinamiche qui esaminate meglio di quanto non si possa fare con l'analisi statica dell'equilibrio economico generale. Soltanto, nelle analisi dinamiche si ha l'esplicita indicazione dell'andamento futuro delle grandezze in esame, fatto questo quanto mai impressionante e, di conseguenza, atto ad essere impiegato per sostenere una campagna che si prefigga l'obiettivo (peraltro, degno di approvazione) di allungare l'orizzonte temporale dell'opinione pubblica e di indurre questa a preferire forme di vita qualitativamente migliori.