XII Riunione scientifica
POLITICA FISCALE, FLESSIBILITÀ DEI MERCATI E CRESCITA
Pavia, Collegio Ghislieri 6 - 7 ottobre 2000

ENVIRONMENTAL BUSINESS CYCLES

Antonella Morga Francesca Perrone

University of York e Università degli Studi di Bari

Società italiana di economia pubblica

Dipartimento di economia pubblica e territoriale – Università di Pavia

Environmental Business Cycles

Antonella Morga* Francesca Perrone*

Lo scopo di questo lavoro è quello di analizzare la determinazione dinamica del prezzo da attribuire ad una risorsa naturale rinnovabile attraverso l'esame del comportamento nel ciclo economico-politico di un'economia artificiale costruita adottando l'approccio positivo della letteratura della *public choice*. In particolare, due sono i contesti considerati. Il primo fa riferimento al caso in cui l'operatore pubblico adotta politiche ambientali sulla base delle preferenze dell'elettore mediano. Nel secondo caso, si ipotizza che il decisore pubblico agisca come un governo leviatano (che vuole massimizzare le entrate pubbliche) al fine non solo di finanziare il consumo della risorsa naturale, ma anche al fine di finanziare una propria rendita personale. I risultati principali, che si basano sull'esame delle funzioni di risposta agli impulsi del sistema simulato, mostrano, in entrambi i casi (dell'elettore mediano e del governo leviatano) che uno *shock* positivo alle preferenze dell'elettore mediano verso l'uso delle risorse naturali accresce i consumi ambientali e induce ad un aumento della tassazione ottimale nel ciclo economico-politico.

Introduzione

L'economia del benessere ha tradizionalmente giustificato l'intervento economico dello Stato nella determinazione di politiche ambientali come possibilità di rimediare a fallimenti del funzionamento del mercato e del meccanismo dei prezzi nel generare allocazioni Pareto-efficienti delle risorse. Esempio emblematico di un caso di fallimento del mercato è quello dell'inquinamento ambientale. Due sono le ragioni che giustificano l'interpretazione di inquinamento come fallimento del mercato. Primo, l'inquinamento viene generato in misura inefficiente, poichè i costi e i benefici sociali associati all'attività economica che lo determina non vengono considerati da parte degli agenti decisionali rilevanti (ad esempio, le imprese produttrici). Inoltre, le politiche mirate a controllare il livello di inquinamento hanno caratteristiche di beni pubblici, in quanto di esse beneficiano una pluralità di soggetti la cui valutazione della politica ambientale può non essere nota al decisore pubblico.

* University of York e Università degli Studi di Bari; settembre 2000

Simili considerazioni possono applicarsi al caso relativo all'utilizzo di una risorsa naturale come *input* nel processo produttivo di una o più imprese, o come bene di consumo per gli individui. In entrambi i casi, in assenza di un meccanismo di mercato che attribuisca un prezzo al bene in questione, l'operatore pubblico determina il prezzo da attribuire al bene attraverso interventi nell'economia.

L'economia ambientale ha generalmente analizzato queste problematiche considerando il problema decisionale di un pianificatore sociale paternalistico, le cui decisioni si basano sulla massimizzazione di una funzione di benessere sociale, al fine di ripristinare condizioni di ottimalità nell'utilizzo delle risorse naturali.

Lo scopo di questo lavoro è quello di analizzare la determinazione del prezzo da attribuire ad una risorsa naturale rinnovabile considerando il processo politico, nella prospettiva intertemporale, che determina le decisioni dell'operatore pubblico, adottando di conseguenza un approccio positivo, tipico della letteratura della *public choice*. In particolare, due sono i contesti considerati. Il primo fa riferimento al caso in cui l'operatore pubblico adotta politiche ambientali sulla base delle preferenze dell'elettore mediano nel sistema. Di conseguenza, le politiche ambientali rappresentano l'equilibrio di maggioranza nel sistema. Nel secondo caso, si ipotizza che il decisore pubblico agisca come un governo leviatano, massimizzando le entrate pubbliche, in questo caso la tassa ambientale, al fine non solo di finanziare il consumo della risorsa naturale, ma anche al fine di finanziare una propria rendita personale.

I modelli di *Business Cycles* che utilizzeremo per condurre le nostre analisi inseriscono l'approccio microeconomico alle politiche ambientali nel contesto dell'analisi intertemporale delle fluttuazioni economiche delle variabli macroeconomiche chiave. La loro struttura generale è nello spirito della teoria neoclassica dei cicli economici e seguono l'approccio dell'**Equilibrio Economico Generale Dinamico Stocastico** in cui anche il settore produttivo ha un ruolo. In questo contesto le dinamiche di disequilibrio delle variabili sono determinate da *shock* esogeni modellati come processi autoregressivi.

Più specificamente abbiamo prima dato una dimensione intertemporale al caso in cui il governo adotta le politiche che incontrano le preferenze dell'elettore mediano. In questo modello il sistema è guidato lontano dal suo stato stazionario da due *shock* esogeni, uno alle preferenze dell'elettore mediano verso il consumo di beni ambientali, l'altro alla funzione di produzione.

Successivamente abbiamo costruito un modello intertemporale per il caso del governo leviatano con uno *shock* addizionale all'extra contribuzione per l'uso della risorsa ambientale che il governo introduce per massimizzare le entrate pubbliche.

I risultati principali, che si basano sull'esame delle funzioni di risposta agli impulsi, mostrano, in entrambi i casi (dell'elettore mediano e del governo leviatano) che uno *shock* positivo alle preferenze dell'elettore mediano verso l'uso delle risorse naturali accresce i consumi ambientali e induce ad un aumento della tassazione ottimale nel ciclo economico-politico. Inoltre, nel caso dell'approccio del governo leviatano, uno *shock* positivo all'extra contribuzione per l'utilizzo dei beni ambientali porta ad una riduzione della tassazione ottimale e dei consumi delle risorse naturali.

Public Choice e Politiche Ambientali

Numerose sono le applicazioni di modelli di *public choice* a temi di economia ambientale, quali, ad esempio ***Buchanan*** (1972), che analizza gli approcci proposti in letteratura, nonchè quelli adottati in pratica, dal punto di vista di soluzioni istituzionali, e più recentemente ***Finus*** e ***Rundshagen*** (1998), che considerano la dinamica delle formazioni di coalizioni tra diversi agenti interessati da un problema di *global warming*. In questo paragrafo, presenteremo alcuni contributi rilevanti che introducono le problematiche affrontate e sviluppate nei paragrafi successivi. Sebbene tali contributi considerano principalmente il problema della soluzione di esternalità ambientali quali *global warming*, essi permettono di introdurre alcuni rilevanti temi di politica economica che applicheremo in seguito in un contesto di *business cycle*.

Wirl (1996) analizza il caso di agenti politici che, in contrasto con l'approccio tipico della letteratura normativa, hanno una propria utilità nel reperire gettito fiscale. In questa circostanza, sulla base del contributo iniziale di *Brennan* e *Buchanan*, gli agenti politici presentano motivazioni da "Leviatano" (1980). In particolare, *Wirl* dimostra che, in un contesto decisionale statico, un agente politico motivato da finalità di governo leviatano può risolvere le inefficienze tradizionalmente legate a fenomeni di inquinamento ambientale globale, quali la pioggia acida o il *global warming*. Questo risultato positivo si ha nel caso di cosidette "esternalità di flusso", mentre nel caso di esternalità di *stock*, finalità "leviatane" aggravano le inefficienze nel sistema. Il lavoro di *Wirl* considera il caso di coordinare politiche di *carbon tax* a livello internazionale.

L'autore considera la seguente funzione di domanda di un bene energetico:

$$x = f(r) = a + br$$
$$a > 0$$
$$b < 0$$

il prezzo dell'energia per il consumatore è pari alla tassa r sul bene, così che non vengono considerati costi di produzione. Il gettito fiscale fr assume la forma di un trasferimento ai consumatori, i quali sono gli stessi acquirenti del bene. Come tale, in una funzione che determini il *surplus* del consumatore, il gettito fiscale potrebbe esservi aggiunto. Tuttavia, sulla base degli interessi politici del governo, quest'ultimo ha interesse a procedere alla raccolta del gettito fiscale, e questo per una serie di motivi. Primo, il potere politico può aumentare con l'ammontare della raccolta fiscale; inoltre, il governo potrebbe allocare parte del gettito, sotto forma di sussidi, a particolari gruppi di pressione, il cui supporto puo' essere utile per ragioni di elezione (si veda in proposito ***Mueller***, 1989).

L'interesse personale del governo nel gestire il prelievo fiscale è modellata assumendo che, ad ogni dollaro di prelievo fiscale, il governo associa un peso positivo $L \geq 1$. Quando L=1, il governo agisce su basi strettamente normative, cioè come un agente benevolente. La funzione di utilità del governo motivato da finalità leviatane è la seguente:

$$W = u + (1+L)rf - c$$

dove c indica l'entità dei costi esterni che dipendono dal livello di emissione globale. In particolare, i costi esterni assumono la seguente specificazione:

$$c_i = \frac{1}{2} v_i (\sum_{i=1}^{n} x_i) 2$$

La condizione di primo ordine rispetto a r è la seguente:

$$r_i = (c_i^{'} - (L_i - 1) f_i^{'} / f_i) L_i$$

Si rileva che la soluzione Pigouviana, per L=1, e la problematica della soluzione non cooperativa, sia il fatto che solo il costo marginale individuale determinerebbe la tassa ambientale, e non considererebbe dunque la somma dei costi marginali. La soluzione ottimale per un problema di esternalità ambientale globale corrisponde a:

$$r^* = AT/(1-BT)$$
$$A = \sum_{i=1}^{n} a_i = na, B = \sum_{i=1}^{n} b_i = nb, T = \sum_{i=1}^{n} v_i = nv$$

La tassa ambientale per l'agente leviatano corrisponderà a:

$$r^s = \overline{p}[(L-1-b\nu n)/(2L-1-b\nu n)]$$

dove $\overline{p} = -\frac{a_i}{b_i}$. Inoltre, si vede che la tassa r^s aumenta rispetto alle preferenze L, infatti:

$$\frac{\partial r^s}{\partial L} = \frac{\overline{p}[(1+b\nu n)]}{[2L-1-b\nu n]^2} > 0$$

Sulla base di tale espressione, si rileva che se r*<(1/2) $\overline{p}$ si avrà L>1, in quanto:

$$L = (1+bT)/(1+BT)$$

Ne segue che il governo Leviatano adotterà una politica di correzione di esternalità ambientali globali in un contesto statico, perseguendo il fine di aumentare le proprie entrate fiscali, quando il livello dei costi ambientali non è eccessivamente elevato. Tale risultato pone la circostanza che motivazione leviatane nel processo di tassazione ambientale, ovvero tassazione che internalizza il costo esterno ambientale ma che serve anche allo scopo di incrementare le entrate del governo per finalità proprie, può risolvere il problema di esternalità globali quali pioggia acida. Difatti, finalità leviatane portano il decisore politico ad aumentare il livello di tassazione ambientale nel proprio Paese, e di conseguenza, anche se per finalità diverse, ciò avvicina il livello di tassazione a quello Pareto-ottimale, che non sarebbe raggiungibile qualora ogni decisore agisse in modo non-cooperativo e considerando esclusivamente il proprio costo marginale ambientale, non quello totale.

Una letteratura più vasta confronta diversi strumenti di politica ambientale (quali tasse, sussidi, regolamentazioni), sotto diverse ipotesi della funzione di utilità del soggetto decisore.

Yandle (1982) rileva che politiche volte al controllo del livello di inquinamento comportano inevitabilmente restrizioni sul livello di *output* prodotto. Di conseguenza, in assenza di decisori politici benevolenti, esistono possibilità per gruppi di pressione *''rent seeking''* di influenzare il processo decisionale politico al fine di preservare propri interessi. L'introduzione di *standard* ambientali in presenza di un processo produttivo che genera inquinamento, ad esempio, genera una rendita dovuta alla circostanza che, limitando l'offerta di *output*, il prezzo di equilibrio aumenta. Tra i potenziali beneficiari di tale politica, l'autore individua i proprietari di terreni nelle vicinanze dell'industria inquinante, che vedono il valore del proprio bene aumentare in quanto tutelato dalle politiche di controllo dell'inquinamento. Inoltre, sebbene restringendo la quantità prodotta il livello di forza lavoro impiegato diminuisce, è possibile che i sindacati possano contrattare un livello salario più elevato per i rimanenti lavoratori, da finanziarsi dalle rendite generate dalle politiche ambientali.

In generale, l'autore rileva che le politiche di regolamentazione ambientale saranno tanto più stringenti quanto maggiore sarà il reddito derivato dalla proprietà e dalla proporzione di forza lavoro rappresentata da sindacati, mentre sarà meno stringente quando il numero di lavoratori impiegati in industrie legati all'ambiente è elevato. Utilizzando dati relativi al *budget* per politiche di regolamentazioni ambientali implementati nel 1967 negli USA, l'autore rileva evidenza empirica che supporta la prima e la terza ipotesi, mentre il ruolo del sindacato, sebbene positivo, non risulta statisticamente rilevante.

Migue' e Marceau (1993) valutano l'impatto di tasse e sussidi ambientali per correzioni di esternalità da inquinamento rispetto alla soluzione contrattuale proposta dal teorema di *Coase*. Gli autori rilevano che in assenza di diritti di proprietà (e dunque di un sistema di prezzi che permetta di allocare efficientemente un generico bene ambientale), un pianificatore sociale benevolente è in grado di determinare il valore corretto della risorsa naturale utilizzata e di introdurre un sistema Pareto-ottimale di sussidi o tasse: *''because they would be set equal to the markinal social cost of pollution, Pigouvian subsidies and taxes would seem to lead to the same allocative results as marke prices under conditions of property rights assignment''*. Tuttavia, questo risultanto non tiene in considerazione processi di *rent-seeking* da parte degli agenti interessati alle politiche ambientali, che fanno venire meno l'equivalenza tra un sistema di diritti di proprietà, da un lato, e sussidi e tasse, dall'altro. Gli autori dimostrano che sia le tasse che i sussidi generano inefficienze dovute a comportamenti da *rent-seeking*. In particolare, in presenza di sussidi si riscontra eccesso di entrata da parte di imprese nel mercato regolamentato, e dunque fenomeni di congestione, mentre in presenza di tasse ambientali, si rileva competizione da parte di gruppi di pressione per l'appropriazione delle rendite generate.

Analisi Normativa

In questo paragrafo verrà derivato il livello di consumo ottimo del bene ambientale e il livello di tassazione ad esso associato seguendo un approccio normativo, assumendo che un pianificatore sociale massimizzi una funzione di benessere sociale che ha la seguente forma:

$$[u(x)+u(\theta,q)] \qquad \text{(i)}$$

dove u(x) indica l'utilità individuale associata al consumo di un bene generico x, e u(θ ,q) indica l'utilità associata al consumo di un bene ambientale q, al quale l'individuo associa una preferenza θ . Si consideri inizialmente che gli individui non differiscano nel loro reddito nè nelle loro preferenze. Di conseguenza, il decisore pubblico massimizzerà la funzione obiettivo soggetta ai seguenti vincoli di bilancio individuali:

$$q = ty \qquad \text{(ii)}$$

$$x = (1-t)y \qquad \text{(iii)}$$

dove t indica la tassa proporzionale al reddito che il decisore pubblico impone all'individuo per il consumo del bene ambientale. Sostituendo i vincoli nella funzione di utilità, il problema diventa:

$$u = u[(1-t)y] + u(\theta ty) \qquad \text{(iv)}$$

e le condizioni di primo ordine per la tassa ottimale corrispondono a:

$$\frac{du}{dt} = -u'[(1-t)y]y + u'(\theta ty)\theta y = 0 \qquad \text{(v)}$$

Assumendo la seguente funzione di utilità:

$$u = \log[(1-t)]y + \theta \log ty \qquad \text{(vi)}$$

la tassa corrisponde a:

$$t^* = \frac{\theta}{(1+\theta)} \qquad \text{(vii)}$$

Preferenze e Redditi Eterogenei

In questo paragrafo consideriamo il caso in cui la società sia composta da individui che differiscono e nelle loro preferenze per il consumo del bene ambientale e nel reddito disponibile. Si considera la seguente funzione di benessere sociale:

$$\phi_{ij} = [u(x_{ij}) + u(\theta_i, q_{ij})] \qquad \text{(viii)}$$

Si assume che il reddito nella società sia distribuito in modo discreto, e che possa assumere i seguenti valori: $y = y_H$ o $y = y_L$, $y_H > y_L$. Similmente, si assume che la variabile θ sia distribuita in modo discreto, e che possa assumere i seguenti valori: $\theta = \theta_H$ o $\theta = \theta_L$, $\theta_H > \theta_L$. $\phi_{\{ij\}}$ indica la circostanza che la societa' e' composta da individui aventi diverso livello di reddito e di preferenze circa il consumo del bene ambientale; in particolare, $\phi_{\{ij\}}$ indica la proporzione di individui aventi reddito j e preferenze i che compongono la società. Di conseguenza, $\phi_{\{LL\}}$ indicherà la proporzione di individui aventi reddito y_L e preferenze θ_L, $\phi_{\{HH\}}$ indicherà la proporzione di individui aventi reddito y_H e preferenze θ_H, $\phi_{\{HL\}}$ indicherà la proporzione di individui aventi reddito y_H e preferenze θ_L, infine $\phi_{\{LH\}}$ indicherà la proporzione di individui aventi reddito y_L e preferenze θ_H.

Il decisore pubblico massimizzerà la funzione di benessere sociale soggetta ai seguenti vincoli di bilancio individuali:

$$q = ty_j \qquad \text{(ix)}$$

$$x = (1-t)y_j \qquad \text{(x)}$$

Sostituendo i vincoli nella funzione di utilità, il problema diventa:

$$u = u[(1-t)y_j] + u(\theta_i t y_j)$$

Assumendo che la funzione di utilità presenti la seguente forma: $\phi_{ij}^k[x + h_j \log q_k^k]$ il problema del Governo diventa:

$$Max_t \phi_{ij}[\log x + \theta \log q] \qquad \text{(xi)}$$

soggetto al vincolo di bilancio per il Governo:

$$t[(\phi_{LL} + \phi_{LH})y_L + (\phi_{HL} + \phi_{HH})y_H] =$$
$$[(\phi_{LL} + \phi_{HL})\theta_L + (\phi_{LH} + \phi_{HH})\theta_H]q \qquad \text{(xii)}$$

Il livello ottimo di spesa per il consumo del bene ambientale risulta dal seguente problema:

$$Max_t \phi_{ij}[\log x + \theta \log q] \qquad \text{(xiii)}$$

soggetto ai vincoli:

$$x_j = (1-t)y_j \qquad \text{(xiv)}$$
$$q = \frac{t[(\phi_{LL} + \phi_{LH})y_L + (\phi_{HL} + \phi_{HH})y_H]}{[(\phi_{LL} + \phi_{HL})\theta_L + (\phi_{LH} + \phi_{HH})\theta_H]} \qquad \text{(xv)}$$

sostituendo i vincoli nella funzione obiettivo si ottiene:

$$Max_t \phi_{HH}[\log(1-t)y_H + \theta_H \log tA] + \phi_{LH}[\log(1-t)y_L + \theta_H \log tA] +$$
$$\phi_{HL}[\log(1-t)y_H + \theta_L \log tA] + \phi_{LL}[\log(1-t)y_H + \theta_L \log tA] \qquad \text{(xvi)}$$

dove $A = \frac{[(\phi_{ll} + \phi_{lH})y_L + (\phi_{Hl} + \phi_{HH})y_H]}{[(\phi_{ll} + \phi_{HL})\theta_L + (\phi_{lH} + \phi_{HH})\theta_H]}$

La condizione di primo ordine rispetto a t è la seguente:

$$(\phi_{HH} + \phi_{LH})[\theta_H \frac{1}{t} - \frac{1}{(1-t)}] + (\phi_{HL} + \phi_{LL})[\theta_L \frac{1}{t} - \frac{1}{(1-t)}] = 0 \qquad \text{(xvii)}$$

o:

$$(\phi_{HH}+\phi_{LH})[\theta_H - t(\theta_H+1)] + (\phi_{HL}+\phi_{LL})[\theta_L - t(\theta_L+1)] = 0 \qquad \text{(xviii)}$$

Da cui si ricava la seguente espressione per la tassa ambientale ottima:

$$t^* = \frac{\theta_H+\theta_L}{[(\phi_{LH}+\phi_{HH})(1+\theta_H)+(\phi_{LL}+\phi_{HL})(1+\theta_L)]} \qquad \text{(xix)}$$

Una semplice analisi di statica comparata permette di ottenere la condizione $\frac{dt}{d\theta_H}$. Si vede che:

$$\frac{dt}{d\theta_H} = \frac{(\phi_{HH}+\phi_{LH})\phi_H + (\phi_{LL}+\phi_{HL})(1+\theta_L)}{[(\phi_{LH}+\phi_{HH})(1+\theta_H)+(\phi_{LL}+\phi_{HL})(1+\theta_L)]^2} > 0 \qquad \text{(xx)}$$

Inoltre:

$$\frac{dt}{d\theta_L} = \frac{(\phi_{LH}+\phi_{HH})(1+\theta_H)+(\phi_{LL}+\phi_{HL})\theta_L}{[(\phi_{LH}+\phi_{HH})(1+\theta_H)+(\phi_{LL}+\phi_{HL})(1+\theta_L)]^2} > 0 \qquad \text{(xxi)}$$

Di conseguenza, la tassa per l'utilizzo del bene ambientale aumenta all'aumentare delle preferenze per il consumo del bene stesso.

Elettore Mediano ed Equilibrio Politico

In questo paragrafo si considera il caso in cui la selezione del livello di tassazione avvenga sulla base di un *majority voting equilibrium*. Il problema per il Governo è quello di determinare il livello di utilizzo delle risorse naturali, e di conseguenza il livello di tassazione a questi associato, preferito dall'elettore mediano. Di conseguenza, il Governo massimizzerà la funzione di utilità dell'elettore mediano nella popolazione. La funzione di utilità dell'elettore mediano è data da:

$$u = u(x) + u(\theta, q) \qquad \text{(xxii)}$$

soggetta ai seguenti vincoli di bilancio:

$$q = ty_m \tag{xxiii}$$

$$x = (1-t)y_m \tag{xxiv}$$

dove y_m indica il reddito mediano nella popolazione.

Sostituendo i vincoli nella funzione di utilità, il problema diventa:

$$u = u[(1-t)y_m] + u(\theta y_m) \tag{xxv}$$

Si assume che t sia funzione monotonica del livello del reddito nella popolazione. La monotonicità di t rispetto al reddito può essere crescente o decrescente. La condizione di monotonicità di t rispetto al reddito è necessaria al fine di individuare come elettore mediano l'elettore con il reddito mediano nella popolazione. Le condizioni di primo e secondo ordine sono le seguenti:

$$-u'(x)y_m + u'(q)\theta y_m = 0 \tag{xxvi}$$

$$-u''(x)y_m^2 + u''(q)\theta^2 y_m^2 < 0 \tag{xxvii}$$

La condizione di secondo ordine deve valere per t ε (0,1). In questo modo, viene garantito che le preferenze dell'elettore mediano siano *''single-peacked''*, presentino cioè un solo massimo, e che la funzione obiettivo sia concava. Di conseguenza, il problema della determinazione della tassa compatibile con *majority voting* ha soluzione, e questa soluzione è rappresentata dalla tassa preferita dall'elettore mediano.

Un esempio numerico

In questo paragrafo applichiamo l'analisi sviluppata al paragrafo precendente utilizzando un esempio numerico. Si consideri la seguente funzione di utilità per l'elettore mediano nella popolazione:

$$\log(x) + \theta \log q \tag{xxviii}$$

dove q rappresenta la risorsa naturale utilizzata, e ad essa vengono associati i seguenti vincoli di bilancio:

$$q = ty_m \qquad \text{(xxix)}$$

ad indicare rispettivamente che l'utilizzo di q (i.e. del bene ambientale) viene finanziato con l'imposizione di una tassa proporzionale sul reddito individuale

$$x = (1-t)y_m \qquad \text{(xxx)}$$

dell'elettore mediano, e che l'imposizione della tassa diminuisce il reddito disponibile utilizzabile per il consume del bene x. Il problema diviene perciò:

$$Max_t \log(1-t)y_m + \theta \log ty_m \qquad \text{(xxxi)}$$

e le condizioni di primo ordine sono le seguenti:

$$\begin{aligned} &\frac{dU}{dt}: \theta\frac{y_m}{ty_m} - \frac{y_m}{(1-t)y_m} = 0 \\ &\Rightarrow \theta(1-t) - t = 0 \\ &\Rightarrow t = \frac{\theta}{(1+\theta)} \end{aligned} \qquad \text{(xxxii)}$$

La condizione $\frac{dt}{d\theta}$ corrisponde a:

$$\frac{dt}{d\theta} = \frac{1}{(1+\theta)^2} > 0 \qquad \text{(xxxiii)}$$

Come nel caso dell'analisi normativa, la tassa di equilibrio compatibile con le preferenze dell'elettore mediano cresce al crescere delle preferenze per il consumo del bene ambientale. Inoltre, quando le funzioni di utilità hanno forma logaritmica, i valori di equilibrio della tassa ambientale sono indipendenti dal livello del reddito. Tuttavia, essi dipendono dalle preferenze individuali, e dal peso che l'elettore mediano attribuisce al consumo del bene ambietale rispetto al consumo del bene non-ambientale x, ovvero θ.

Governo Leviatano

Consideriamo adesso il caso in cui il decisore politico agisca al fine di massimizzare l'entità del gettito fiscale, e dunque agisca sotto l'ipotesi di un governo Leviatano. In questo caso, il vincolo di bilancio associato al bene ambientale è il seguente:

$$q = (1+\nu)ty_m$$

dove $\nu \in (0,1)$ indica la distorsione associata alla tassa t che il governo impone al fine di incrementare le entrate fiscali per propri fini personali. Per quanto riguarda x abbiamo:

$$x = y_m - ty_m - \nu ty_m = y_m[1 - t(1+\nu)]$$

In questo caso, la tassa ottimale diviene:

$$Max_t \log[1-(1+\nu)t]y_m - \theta \log(1+\nu)ty_m$$

e le condizioni di primo ordine sono le seguenti:

$$\frac{dU_{Lev}}{dt} : -\frac{(1+\nu)y_m}{(1-(1+\nu)t)y_m} + \frac{\theta(1+\nu)y_m}{(1+\nu)ty_m} = 0$$
$$\Rightarrow -(1+\nu)t + \theta[1-(1+\nu)t] = \theta$$
$$\Rightarrow t^{Lev} = \frac{\theta}{(1+\nu)(1+\theta)}$$

Se confrontata con la tassa ottimale pigouviana, vediamo che:

$$t^* = \frac{\theta}{1+\theta} > t^{Lev} = \frac{\theta}{(1+\theta)(1+\nu)}$$

quando:

$$\nu > 0$$

Di conseguenza, date le nostre funzioni di utilità, un governo che introduce una distorsione v imporrà una tassa ambientale sub-ottimale rispetto a quella pigouviana.

La tassa imposta dal governo con finalità leviatane per il consumo del bene naturale q *diminuisce* all'aumentare del parametro v:

$$\frac{dt}{d\nu} = -\frac{1}{(1+\theta)(1+\nu)^2} < 0$$

Ciò in quanto all'aumentare di v il reddito disponibile al consumo di q diminuisce, e di conseguenza la tassa associata al finanziamento del consumo del bene ambientale diminuisce. Inoltre, nella formalizzazione adottata, ovvero nel vincolo di bilancio per q, t e v sono perfetti sostituti per il finanziamento di q, e, date le preferenze individuali θ, e dato il livello di q, all'aumentare della tassa ambientale t, il livello di imposizione legato a v diminuisce di conseguenza.

Come alternativa alla precendente formalizzazione, è possibile considerare la seguente funzione di utilità per il governo leviatano:

$$U_{Lev} = U_{med} + U(t) = \log(1-t)y_m + \theta \log t y_m + \nu \log t$$

In questo modo, alla tassa proporzionale t il governo associa un peso positivo, pari a v, e la funzione per il governo leviatano è data dalla somma tra la funzione di utilità dell'elettore mediano, U_{med}, e dall'utilità associata dal governo alla tassa ambientale t, U(t). L'espressione per la tassa ambientale in questo caso è la seguente:

$$\frac{dU_{Lev}}{dt}:\frac{\theta y_m}{ty_m}-\frac{y_m}{(1-t)y_m}+\frac{v}{t}=0$$

$$\frac{dU_{Lev}}{dt}:\theta(1-t)-t+v(1-t)=0$$

$$t=\frac{\theta+v}{1+\theta+v}$$

Se confrontata con la tassa ottimale pigouviana vediamo che:

$$t^*=\frac{\theta}{1+\theta}>t^{Lev}=\frac{\theta+v}{1+\theta+v}$$

quando:

$$0>v$$

ma avendo assunto che $v\in(0,1)$ ne segue che la tassa proporzionale imposta da un governo leviatano e' maggiore di quella pigouviana adottata da un governo benevolente.

Infine, si può vedere che la tassa ambientale *aumenta* all'aumentare di v:

$$\frac{dt}{dv}=\frac{1}{(1+\theta+v)^2}>0$$

e ciò in quanto il Leviatano associa una utilità positiva alla tassa ambientale t.

Ambiente e Cicli Economico-Politici

Il problema del Governo

Dopo avere brevemente trattato le tematiche ambientali di interesse dal punto di vista microeconomico e statico presentiamo, in questa sezione, il modello intertemporale che ci permetterà di all'analizzare le stesse nella prospettiva dinamica dei cicli economico-politici.

Siamo in presenza di un governo che fa propria l'utilità dell'elettore mediano massimizzando la seguente funzione intertemporale di utilità:

$$\max \sum_{s=0}^{\infty} E_t[\beta^{t+s}(\log C_{t+s} + \rho \log G_{t+s} + \psi \log(1 - N_{t+s}))] \qquad (1)$$

u'>0; u''<0

in cui C rappresenta il consumo, G il bene ambientale, (1-N) il tempo libero. Il bene ambientale G ha la seguente rappresentazione:

$$G = \theta_t(t_t)\overline{N} \qquad (2)$$

ad indicare che il godimento dei beni ambientali, soggetto a *shock* esogeni alle preferenze θ, comporta un costo per l'ambiente che viene compensato dall'imposizione di una tassa t applicata al reddito medio degli elettori. I parametri ρ e ψ rappresentano i pesi che nella funzione di utilità sono associati alle risorse naturali ed al tempo libero mentre θ indica il fattore esogeno di cambiamento delle preferenze dell'elettore mediano nei confronti del godimento dell'ambiente.

Il vincolo di bilancio intertemporale può essere formulato nel modo seguente:

$$N_{t+s} + (1 + r_{t+s})K_{t-1+s} = t_{t+s}N_{t+s} + C_{t+s} + K_{t+s} + G_{t+s} \qquad (3)$$

K rappresenta il capitale ed r il tasso di rendimento del capitale.

Il vincolo di bilancio presentato impone che le spese per il consumo, investimenti, godimento di beni ambientali e tasse trovino adeguata copertura nelle risorse provenienti dal reddito N e dal rendimento del capitale.

θ, la componente stocastica del godimento dei beni ambientali, segue il processo[1]:

$$\theta_t = \varphi_\theta \theta_{t-1} + \varepsilon_t^\theta \tag{4}$$

φ_θ rappresenta il coefficiente di autoregressione della serie per θ e ε^θ lo *shock* i.i.d..

Il problema delle imprese

L'impresa rappresentativa massimizza il valore attuale dei flussi intertemporali di profitto derivanti dalla sua attività produttiva[2]:

$$\begin{aligned} &\max: \sum_{s=0}^{\infty} E_t(\beta^{t+s}[Y_{t+s} - r_{t+s}K_{t-1+s} - \delta K_{t-1+s} - N_{t+s}]) \\ &s.t \\ &Y_t = Z_t K_{t-1}{}^{\alpha}(AN_t)^{1-\alpha} \end{aligned} \tag{5}$$

δ è il tasso di deprezzamento del capitale, N è il lavoro impiegato. Il salario reale è stato normalizzato ad 1 per convenienza. Z è il fattore di crescita stocastica della produttività totale della funzione di produzione presentata mentre il parametro A rappresenta il fattore di crescita deterministica della produzione legato al progresso tecnico di tipo *labour-augmenting*. Il processo per Z è il seguente:

$$Z_t = Z_{t-1} e^{\varepsilon_t^Z}$$

$$A_t = \mu A_{t-1}$$

mentre la variabile A è caratterizzata dal processo:

e risolvendo a ritroso:

$$A_t = \mu^t A_0$$

[1] In forma log-lineare

[2] Y rappresenta l'*output* totale

dove μ è pari ad 1 più il tasso di crescita reale dell'economia.

La funzione di accumulazione del capitale è la seguente:

$$K_t - K_{t-1} + \delta K_{t-1} = I_t \tag{6}$$

Possiamo procedere a questo punto alla risoluzione dei problemi degli agenti.

La soluzione del modello

La soluzione del problema dell'impresa

Le FOC sono le seguenti:

$$\frac{\partial \pi}{\partial N_{t+s}} = 0; \Rightarrow$$

$$E_t \beta^{t+s} (1-\alpha) Z_{t+s} K_{t-1+s}^{\alpha} (AN_{t+s})^{1-\alpha} = 1$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial K_{t+s}} = 0; \Rightarrow$$

$$E_t \beta^{t+s} Z_{t+s} \alpha (K_{t+s-1})^{\alpha-1} (AN_{t+s})^{1-\alpha} = E_t \beta^{t+s} r_{t+s} + \beta^{t+s} \delta$$

Da cui si ottiene che:

- il salario è pari alla quota di lavoro impiegata nella funzione di produzione e il rendimento è uguale alla quota di capitale utilizzata meno il suo tasso di deprezzamento;

$$N_t = (1-\alpha) y_t \tag{7}$$

e

$$r_t = \frac{\alpha y_t}{K_{t-1}} - \delta \tag{8}$$

- e la condizione di '*zero profit*' che regge in un mercato perfettamente competitivo:

$$N_t + (r_t + \delta) K_{t-1} = y_t \tag{9}$$

La soluzione del problema del governo

Per risolvere il problema del governo, ovvero massimizzare la (1) sotto il vincolo dato dalla (3) è necessario costruire la Lagrangiana dopo avere sostituito l'espressione per G:

$$L=\sum_{s=0}^{\infty}E_t[\beta^{t+s}(\log C_{t+s}+\rho\log\theta_{t+s}(t_{t+s})\overline{N}+\psi\log(1-N_{t+s}))]+\lambda_{t+s}[N_{t+s}+$$
$$(1+r_{t+s})k_{t+s-1}-t_{t+s}N_{t+s}-C_{t+s}-k_{t+s}-\theta_{t+s}(t_{t+s})\overline{N}]$$

Le FOC[3] della Lagrangiana sono:

per s=0

$$\frac{\partial L}{\partial C_t}\Rightarrow\frac{1}{C_t}=\lambda_t \tag{10}$$

$$\frac{\partial L}{\partial N_t}\Rightarrow-\psi\frac{1}{1-N_t}+\lambda_t(1-t_t)=0\Rightarrow$$
$$\frac{1}{C_t}(1-t_t)=\psi\frac{1}{1-N_t} \tag{11}$$

$$\frac{\partial L}{\partial k_t}\Rightarrow\lambda_{t+1}(1+r_{t+1})=\lambda_t\Rightarrow$$
$$\frac{1}{C_{t+1}}(1+r_{t+1})=\frac{1}{C_t} \tag{12}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t_t}\Rightarrow+\rho\frac{1}{(t_t)}=\lambda_t\theta_t\overline{N}+\lambda_t N_t\Rightarrow$$
$$+\rho\frac{1}{(t_t)}=\frac{N_t}{C_t}+\frac{\theta_t\overline{N}}{C_t} \tag{13}$$

E' inoltre necessario introdurre la "*transversality condition*" per assicurare la coerenza di lungo periodo delle scelte degli agenti che potrebbero contrarre dei debiti senza mai ripagarli:

$$\lim R_s^t K_t^N = \frac{1}{\sum_{j=s}^{t-1}(1+r_j)} \qquad (14)$$

La variabile $R^s{}_t$ è il valore al tempo s del capitale al tempo t.

L'analisi del Lungo Periodo

Sebbene l'obiettivo di questo lavoro è di interpretare le fluttuazioni cicliche dell'economia teorica una volta che *shock* di diversa natura colpiscono il sistema è fondamentale esaminare il comportamento di lungo periodo dell'economia di riferimento per individuare l'esistenza dello stato stazionario e comprendere le relazioni di equilibrio tra le variabili che lo caratterizzano. Data l'assunzione circa l'esistenza di un *trend* deterministico reale proveniente dal progresso tecnico '*labour-augmenting*', l'economia artificiale cresce nello stato stazionario lungo un percorso di crescita bilanciato. Il modo *standard* in cui i modelli di crescita eliminano il *trend* deterministico è attraverso la costruzione di in un sistema di equazioni detrendizzate a cui si possono applicare metodi lineari di soluzione[4] (*King, Plosser, Rebelo* 1988). Poichè nel nostro caso il *trend* deterministico che guida la crescita nel tempo dell'economia è la componente A della funzione di produzione dividiamo tutte le variabili del sistema per questo *trend.* Ricordiamo che una condizione necessaria per l'uso di metodi lineari di soluzione è che il modello abbia un punto fisso intorno al quale la linearizzazione abbia senso. Questa è la ragione per cui abbiamo scelto forme funzionali per la funzione di produzione e l'utilità del governo compatibili con l'esistenza di un sentiero di crescita bilanciato; ed è anche la ragione per cui ci interessa individuare relazioni stabili tra le variabili del sistema.

Le variabili reali trasformate per eliminare l'effetto della componente A della funzione di produzione sono le seguenti:

---

[3] L'assenza del termine delle aspettative dalla soluzione dei problemi degli agenti è dovuta al fatto che abbiamo risolto per l'equivalente certo.

$$\tilde{K}_t = \frac{K_t}{A_t}, \tilde{I}_t = \frac{I_t}{A_t}, \tilde{y}_t = \frac{y_t}{A_t}, \tilde{T}_t = \frac{T_t}{A_t}, \tilde{G}_t = \frac{G_t}{A_t},$$

$$\mu = \frac{A_t}{A_{t-1}}$$

Il tasso di interesse reale r, e il numero di ore lavorate N, non hanno bisogno di essere trasformati dato che sono stazionari nello *steady state*.

Nello stato stazionario le variabili trasformate che abbiamo riportato di sopra diventano:

$$\tilde{K} = \frac{\overline{K}}{\mu\overline{A}}, \tilde{I} = \frac{\overline{I}}{\mu\overline{A}}, \tilde{y} = \frac{\overline{\overline{I}}}{\mu\overline{A}}, \tilde{T} = \frac{\overline{T}}{\mu\overline{A}}, \tilde{G} = \frac{\overline{G}}{\mu\overline{A}},$$

$$\overline{A} = 1$$

Dopo avere effettuato le trasformazioni, il modello, con $\tilde{}$ che indica le nuove variabili è il seguente:

1. Problema dell'impresa rappresentativa:

max

$$\mu\tilde{y}_t - \delta\tilde{K}_{t-1} - \mu N_t - r_t\tilde{K}_{t-1} \qquad (15)$$

2. che rispetta la funzione di produzione:

$$\tilde{y}_t\mu^{\alpha} = Z_t K_{t-1}^{\alpha} N_t^{1-\alpha} \qquad (16)$$

3. e la funzione di accumulazione del capitale per scopi produttivi:

$$\mu\tilde{K}_t = \tilde{I}_{t-1} + (1-\delta)K_{t-1} \qquad (17)$$

4. Vincolo di bilancio

$$\mu\tilde{K}_t + \mu\tilde{C}_t + \mu\theta_t\overline{N}(\tilde{T}_t) + \mu\tilde{T}_t N_t = \mu\tilde{N}_t + (1+r_t)\tilde{K}_{t-1} \qquad (18)$$

5. Equazione di Eulero

$$(\frac{1+r_{t+1}}{\mu\tilde{c}_{t+1}})\tilde{c}_t = \frac{1}{\beta} \tag{19}$$

6. Equazione per il rendimento del capitale impiegato nella produzione, dalle condizioni di primo ordine

$$R_t = \frac{\alpha\tilde{y}_t}{\tilde{K}_{t-1}}\mu - \delta + 1 \tag{20}$$

Lo Stato Stazionario

Come abbiamo avuto già modo di notare nella sessione I di questo lavoro la detrendizzazione deterministica che abbiamo appena descritto non riesce a rendere le variabili del sistema stazionarie data la presenza di diversi *trend* stocastici: quello guidato dallo *shock* tecnologico nella funzione di produzione e quello guidato dallo *shock* alle preferenze degli agenti verso le risorse ambientali. La necessità di legami stabili tra le variabili del sistema per individuare un punto fisso intorno al quale condurre la loglinearizzazione impone l'adozione di una metodologia che renda il nostro *steady-state* completamente stazionario liberandolo dagli effetti di lungo periodo degli *shock* stocastici. Le tecniche di detrendizzazione che implementiamo per caratterizzare lo *steady-state* del sistema di riferimento sono quelle strettamente 'economiche' descritte precedentemente e che prendono in considerazione le relazioni di lungo periodo tra le variabili derivanti dal modello .

Iniziamo con la formulazione delle relazioni di stato stazionario tra le variabili trasformate[5].

i) Dal vincolo di bilancio del governo si ottiene la seguente relazione:

$$\mu\overline{K}_t + \mu\overline{C}_t + \mu\overline{G}_t + \mu\overline{T}_t N_t = \mu N_t + (1+r_t)\overline{K}_t \tag{21}$$

[5] Per semplificare la nostra simbologia ometteremo, per lo *steady state*, di inserire ~ sulle variabili che sono segnate con una barra.

ii) per il lavoro:

$$\bar{y}_t = \frac{\psi}{(1-\alpha)} \frac{N_t}{(1-N_t)(1-t_t)} \bar{c}_t \tag{22}$$

iii) Per l'investimento abbiamo:

$$\bar{I} = \delta\bar{K} \tag{23}$$

iv) infine, dall'espressione per il rendimento del capitale impiegato nella produzione ricaviamo:

$$\bar{Y}_t = \frac{1}{\mu}\left(\frac{R+\delta-1}{\alpha}\right)\bar{K}_t \tag{24}$$

dove

$$\bar{R} = 1 + r$$

Sfortunatamente queste relazioni di *steady state* non sono ancora stazionarie perchè *shock* permanenti nella nostra economia conducono a differenti valori di *steady state*. La procedura di ***Ulhig*** (1995) che utilizzeremo per le simulazioni supera questi problemi perchè, come vedremo, prende in considerazione solo le equazioni di breve periodo della versione log-lineare del modello di riferimento. Comunque, per catturare le relazioni di lungo periodo tra le variabili, piuttosto che considerare le singole variabili endogene che crescono stocasticamente, faremo riferimento ai "*great-ratios*" *à la King* ed altri (1988). I *great-ratios* si basano sulle relazioni di cointegrazione tra le variabili del sistema e quindi sono stazionari. Possiamo pertanto determinare i tassi di crescita dello stato stazionario dell'economia artificiale facendo riferimento alle relazioni di lungo periodo tra le variabili del modello. Dato che le variabili integrate I(1) sono quattro nel nostro sistema (c, y, k, t) ci troveremo in presenza di quattro *great-ratios* che descrivono il comportamento di lungo periodo delle variabili di interesse:

$$\frac{\bar{Y}_t}{\bar{K}_t} = \frac{1}{\mu}\left(\frac{R+\delta-1}{\alpha}\right) \tag{I'}$$

dall'espressione del rendimento del capitale;

$$\frac{\mu(1-\alpha)\overline{Y}_t}{\overline{K}_t} - \mu\frac{\overline{T}_t}{\overline{K}_t}N_t - \mu\frac{\overline{C}_t}{\overline{K}_t} - \mu\frac{\overline{\theta}_t(\overline{T}_t)\overline{N}}{\overline{K}_t} = \mu - R \tag{II'}$$

dal vincolo di bilancio, dopo aver sostituito per il reddito nazionale e diviso per K di stato stazionario;

$$\frac{\overline{Y}_t(1-t_t)}{\overline{C}_t} = \frac{\psi}{(1-\alpha)}\frac{N_t}{(1-N_t)} \tag{III'}$$

per il consumo;

e, per finire,

$$\frac{\bar{I}}{\overline{K}^N} = \delta \tag{IV'}$$

per l'investimento.

Ognuna delle relazioni appena riportate esprime una relazione stazionaria di *steady state*.

La Calibrazione

Abbiamo esaminato nel paragrafo precedente le proprietà di lungo periodo del nostro modello; è giunto il momento di analizzare il comportamento degli aggregati chiave del mondo artificiale una volta che gli *shock* esogeni guidano l'economia lontano dallo stato stazionario.

Prima di procedere in questa direzione è necessario rendere il modello quantitativo. Abbiamo visto che la strategia tradizionale che l'approccio del RBC utilizza è la calibrazione del modello attraverso la selezione dei parametri "profondi" che caratterizzano l'economia artificiale. L'idea è scegliere i parametri che mappino l'economia vera nel sistema modellato in modo tale che quest'ultimo abbia proprietà vicine il più possibile a quelle del mondo reale.

Il paese cosiddetto avanzato che useremo per calcolare i parametri *benchmark* è la Gran Bretagna e quindi sceglieremo i parametri che replicano l'economia anglosassone in relazione alle dimensioni associate alla sua crescita di lungo periodo. Calibreremo questa economia lungo due strategie. La prima è basata sui metodi *standard* di computazione che fanno riferimento alle medie di lungo periodo degli aggregati di interesse. Il secondo è basato sull'osservazione che i "*great ratio*" che provengono dalla soluzione del modello crescono intorno ad un *trend* stocastico e deterministico comune a tutte le variabili. Essi pertanto rivelano la presenza di relazioni di cointegrazione tra le variabili che possono essere sfruttate per stimare ognuno dei "*great-ratio*" di interesse con il metodo delle Variabili Strumentali (IV) e, di qui, per quantificare i parametri profondi di interesse. Alcuni parametri infine sono presi dalla letteratura *standard* (***Prescott*** 1986), quali il valore di equilibrio delle ore lavorate ed il tasso di deprezzamento sulla base del fatto che è ragionevole assumere che grosso modo essi siano gli stessi tra i diversi paesi cosiddetti 'avanzati':

$N = 1/3$;

$\delta = 0.025$.

Con il metodo delle medie di lungo periodo abbiamo determinato il valore di stato stazionario del tasso di interesse reale e della crescita deterministica anglosassoni:

$R = 1.01$ è tasso medio di interesse reale trimestrale per il periodo 1970-1997 nel Regno Unito quindi $\beta = 0.99$.

$\mu = 1.007$ è il *trend* della crescita reale deterministica che corrisponde al coefficiente del *trend* temporale nel processo autoregressivo per l'*output* ed il consumo.

La seconda tecnica implementata per fornire una misura ai parametri "profondi" *benchmark* dell'economia di riferimento è una procedura di stima che si basa sull'approccio economico alla detrendizzazione. Ci focalizzeremo su alcune delle relazioni dello stato stazionario che abbiamo precedentemente definito come "*great-ratio*". Poichè le variabili del nostro sistema sono tutte endogene procediamo alla stima di ogni equazione con il metodo delle Variabili Strumentali proposto da ***Wickens-Breush*** (1988). I coefficienti di lungo periodo e i parametri di aggiustamento di breve periodo sono ottenuti attraverso una specificazione completa e dinamica in cui gli strumenti utilizzati sono i valori passati delle variabili endogene:

$$y_{1t} = \cos + trend + \alpha_0 x_t + \alpha_i \Delta x_{t-i} + \beta_1 \Delta y_{1t} + \beta_i \Delta y_{it} + \varepsilon_{yt}$$

Le nostre variabili y_{it} sono i "*great-ratio*" di interesse.

Per calcolare la frazione di capitale, α, impiegata nella funzione di produzione abbiamo utilizzato per il Regno Unito la seguente relazione proveniente dal nostro modello:

$$\frac{\bar{y}}{\bar{k}} = \frac{1}{\mu}(\frac{R+\delta-1}{\alpha})$$

per il coefficiente che cattura il peso relativo del tempo libero, ψ[6] invece abbiamo utilizzato:

$$\frac{\bar{y}}{\bar{c}} = \frac{\psi}{(1-\alpha)}\frac{N}{1-N}$$

Per ottenere il peso relativo dell'interesse del governo verso le risorse ambientali ρ abbiamo assunto che la frazione di tempo libero dedicata al godimento di beni ambientali sia pari a ¼ .

I valori[7] ottenuti sono riportati di seguito con le statistiche t tra parentesi:

α = 0,34 [2,18]

ψ = 2,04 [28,8]

$\rho = \psi / 4$ = 0,5

Entrambi i coefficienti stimati sono significativi.

Per il parametro di persistenza del fattore di progresso tecnico stocastico φ_z i parametri risultanti sono:

φ_z = 0,9 [30,04]; σ_z = 0,018

La Log-linearizzazione

Seguiremo la procedura suggerita da ***Uhlig*** (1995) per risolvere, analizzare e simulare il nostro modello dinamico e stocastico, dopo avere *trasformato* le variabili nel modo descritto nel paragrafo sull'*analisi del Lungo Periodo*

[6] Abbiamo omesso di considerare la tassa nel rapporto di cointegrazione relativo al lavoro per individuare la preferenza pura degli agenti verso il tempo libero, in assenza cioè di tasse distorsive sul reddito da lavoro. La ragione risiede nel fatto che abbiamo ipotizzato che il godimeto dei beni ambientali sia una frazione del tempo libero totale. Sappiamo che in presenza di una tassa distorsiva sul reddito da lavoro il tempo libero vale di più. Di conseguenza anche il valore attribuito al godimento dei beni ambientali dovrebbe aumentare. Vi sono però delle tasse distorsive anche sull'utilizzo delle risorse naturali che fanno diminuire il valore dell'ambiente. Per evitare le contraddizioni derivanti dall'inclusione delle tasse sui coefficienti di importanza relativa del tempo libero e dell'ambiente riteniamo opportuno calcolare il parametro ψ riferito alla versione del modello di riferimento senza le tasse.

[7] I valori ottenuti rappresentano la base per l'analisi di sensitività dei parametri al fine di valutarne la robustezza

dell'economia. Al fine di esaminare le predizioni dell'economia teorica approssimiamo le condizioni di efficienza, i vincoli di bilancio e le equazioni definitorie in modo lineare intorno allo stato stazionario per poi risolvere il sistema dinamico lineare che ne risulta.

E' necessario però prima descrivere la natura delle variabili del sistema che abbiamo ottenuto dalla formulazione del modello teorico. Abbiamo un sistema di 7 variabili in 7 equazioni nelle differenze prime e condizioni di equilibrio. Una include variabili al tempo t+1 e sarà dunque risolta in modo "*forwardlooking*", sei sono deterministiche e due sono le variabili esogene che forzano il sistema ad allontanarsi dal suo sentiero di equilibrio. Queste ultime sono il parametro tecnologico che appare nella funzione di produzione (Z) e lo *shock* nelle preferenze degli agenti verso le risorse ambientali (θ). Tra le variabili endogene che costituiscono il nostro modello abbiamo una variabile di stato, il capitale (K) e sei variabili di controllo: l'*output* (Y), le tasse (t), il tasso di rendimento del capitale (r) , il lavoro (N), i beni ambientali (G) ed il consumo (C).

Abbiamo proceduto quindi alla log-linearizzazione delle equazioni necessarie che caratterizzano l'equilibrio del sistema per renderle approssimativamente lineari nelle deviazioni logaritmiche dallo stato stazionario. (nella nostra simbologia i valori sono rappresentati da una barra sulle variabili e le deviazioni logaritmiche dal sentiero di crescita bilanciata con le lettere minuscole senza ~).

Il sistema log-linearizzato che ne risulta è costituito dalle equazioni seguenti che possono essere risolte per lo *stock* di capitale, la produzione, le tasse, il tasso di rendimento reale del capitale , i beni ambientali ed il consumo.

Il mercato dei beni

$$0 = -\bar{R}r_t + \alpha\frac{\bar{y}}{\bar{k}}(y_t - k_{t-1}) \qquad (25)$$

$$0 = -y_t + z_t + ak_{t-1} + (1-a)n_t \qquad (26)$$

La funzione di produzione diviene:

Il mercato del capitale

La versione log-lineare dell'equazione per il vincolo di bilancio è :

$$0 = -\mu N n_t - \bar{K}k_t - r\bar{K}(r_t + k_{t-1}) + \mu\bar{T}N(t_t + n_t) + \mu\bar{C}c_t + \mu\bar{K}k_t + \mu\bar{\theta}\overline{TN}(\theta_t + t_t) \qquad (27)$$

Il consumo

L'equazione di Eulero per il consumo che lega le variabili correnti a quelle future diventa:

$$0 = (-c_{t+1} + c_t + r_{t+1}) \qquad (28)$$

con il risultato che la deviazione percentuale del saggio marginale di sostituzione rispetto al suo valore di stato stazionario è inversamente legata al tasso di rendimento atteso del capitale. Pertanto se è attesa una crescita del consumo, soltanto un più alto tasso di interesse può prevenire gli agenti dal prendere a prestito per fronteggiare il futuro aumento dei consumi.

Il mercato del lavoro

Per il mercato del lavoro avremo:

$$0 = \left(\frac{N}{\overline{C}\psi} + \frac{\overline{T}}{\overline{C}\psi} - \frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi} + \frac{1}{\overline{C}\psi}\right)(c_t) + \left(\frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi} - \frac{\overline{T}}{\overline{C}\psi}\right)(t_t) +$$
$$\left(-\frac{N}{\overline{C}\psi} + \frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi} - \frac{N}{\overline{Y}}\frac{1}{(1-\alpha)}\right)n_t + \frac{N}{\overline{Y}}\frac{1}{(1-\alpha)}y_t \qquad (29)$$

per la tassa sull'utilizzo dei beni ambientali la versione loglineare è:

$$0 = \frac{\overline{T}}{\rho}t_t - \frac{\overline{C}}{N}(c_t - n_t) - \frac{\overline{C}}{\overline{\theta N}}(c_t - \theta_t) \qquad (30)$$

Infine per la variabile definitoria G, che ricordiamo essere uguale a G = θ(1-t), avremo:

$$0 = -\overline{G}g(t) + \overline{\theta TN}(\theta_t + t_t) \qquad (31)$$

I processi autoregressivi che chiudono il modello sono espressi come le deviazioni dal logaritmo del loro stato stazionario:

$$z_t = \varphi_z z_{t-1} + \varepsilon_t^{z_t} \qquad (32)$$

$$\theta_t = \varphi_\theta \theta_{t-1} + \varepsilon_t^{\theta} \qquad (33)$$

Le equazioni che abbiamo descritto in questa sezione costituiscono la versione linearizzata del modello e rappresentano un sistema lineare di equazioni nelle differenze.

La simulazione del modello

Dalla soluzione del nostro modello abbiamo ottenuto un sistema di tre matrici che esprimono le dinamiche fondamentali del sistema in forma normale. Indichiamo con x_t le variabili endogene di stato il cui vettore è di dimensione m x l, nel nostro caso 1 x 1 dato che abbiamo solo una variabile di stato k_t ; con y_t le variabili endogene diverse da quelle di stato: y_t , t_t, r_t , c_t, n_t , g_t il cui vettore è di dimensione n x l , nel nostro caso 6 x 1; e con z_t le variabili esogene: z_t e θ_t . Il sistema di equazioni è pertanto:

$$0 = Ax_t + Bx_{t-1} + Cy_t + Dz_t$$
$$0 = E_t[Fx_{t+1} + Gx_t + Hx_{t-1} + Jy_{t+1} + Ky_t + Lz_{t+1} + Mz_t]$$
$$z_{t+1} = Nz_t + \varepsilon_{t+1}$$

$$E(\varepsilon_{t+1}) = 0$$

Questo sistema è risolto per la legge di moto ricorsiva attraverso il metodo dei coefficienti indeterminati e le soluzioni sono esaminate tramite l'analisi delle **funzioni di risposta agli impulsi**[8].

Le funzioni di risposta agli impulsi

Iniziamo ad esaminare il comportamento della nostra economia modello una volta colpita dallo *shock* alla tecnologia (i grafici relativi alle funzioni di risposta agli impulsi sono riportati nelle appendici II). La produzione totale ed il capitale hanno le reazioni che ci si attende dalla teoria economica nel senso che reagiscono tutti positivamente all'innovazione stocastica nel fattore di produttività totale. Il capitale inoltre reagisce con un periodo di ritardo dato che compare nella funzione di produzione al tempo t-1. É interessante notare invece come il consumo di beni prodotti che in genere presenta un andamento prociclico rispetto al miglioramento della produttività dell'economia reagisce

[8] Le funzioni di risposta agli impulsi ad uno *shock* particolare possono essere calcolate ponendo x_0 = 0, y_0 = 0, z_0 = 0 e ε_t = 0 per t ≥ 2. Si può così ottenere ricorsivamente z_t e quindi y_t dati x_{t-1}, y_{t-1} , z_{t-1} e ε_t per t = 1,2.., T con la legge di moto di equilibrio ricorsiva e la legge di moto per z_t . In questo modo è possibile calcolare i sentieri transitori e di crescita delle variabili chiave rispetto allo stato stazionario deterministico per determinati valori delle variabili di stato ed una sequenza degli *shock* esogeni $\{\varepsilon_t\}_{t=0}^{\infty}$.

negativamente ad impatto in seguito allo *shock* in Z. La ragione risiede nel fatto che nel nostro sistema vi sono anche i consumi di beni ambientali che catturano tutti i vantaggi della crescita della produzione totale. Cerchiamo di comprendere i meccanismi che portano a questo risultato. Le tasse reagiscono positivamente di impatto allo *shock* in Z per poi scendere gradualmente ad un livello di equilibrio piu' basso di quello di partenza. La loro risposta iniziale positiva è legata al fatto che l'impulso verso il miglioramento della produttività totale della funzione di produzione rende i fattori produttivi (capitale e lavoro) relativamente piu' cari al principio. L'aumento delle tasse però produce un effetto distorsivo sull'offerta di lavoro e sui consumi privati che diminuiscono ma, dall'altro lato, la più elevata tassazione consente di coprire una quantità maggiore di risorse ambientali disponibili agli agenti. Pertanto la tassa su N aumenta, l'offerta di lavoro, per il prevalere dell'effetto di sostituzione, diminuisce e i consumi di beni ambientali aumentano a scapito dei consumi di beni prodotti; mano a mano pero' che gli effetti dello *shock* alla tecnologia si esauriscono la tassa inizia a decrescere causando una aumento dell'offerta di lavoro e dei consumi che si riportano verso il loro sentiero di equilibrio originario. L'andamento del tasso di rendimento del capitale ha un'interpretazione semplice nel senso che aumenta ad impatto per stimolare il risparmio necessario a sostenere i più elevati livelli di produzione e poi si riporta sul suo sentiero di equilibrio di lungo periodo.

Possiamo ora analizzare gli effeti dello *shock* di maggiore interesse ai fini del nostro lavoro, quello alla preferenze dell'elettore mediano verso i beni ambientali. Un'innovazione positiva in θ determina immediatamente un aumento delle tasse legate al maggiore consumo di beni ambientali. Ciò è dovuto essenzialmente al fatto che se l'elettore mediano, in un dato momento, preferisce utilizzare più risorse naturali, il governo deve tenere conto del cambiamento nei gusti degli agenti e aumentare la tassa ambientale necessaria per coprire il maggiore consumo di beni ambientali. L'aumento della tassa - che colpisce anche il reddito da lavoro – genera a sua volta una risposta negativa della produzione totale che utilizza N come *input*. N infatti riceve uno stimolo negativo dovuto al prevalere dell'effetto di sostituzione generato dallo *shock* in θ. Osservando i grafici relativi alle funzioni di risposta agli impulsi è facile verificare quanto detto sopra. Il tasso di rendimento del capitale reagisce negativamente in modo coerente con le fluttuazioni cicliche dell'*output* in quanto non deve servire ad attrarre capitale per scopi produttivi. Il comportamento di disequilibrio dell'utilizzo di beni ambientali infine è di facile interpretazione. Al verificarsi dello *shock* in θ la risposta di G è positiva come conseguenza diretta della maggiore disponibilità dell'elettore mediano ad utilizzare le risorse naturali. Alla luce della variazione ciclica di questa variabile e di quella della tassa è possibile leggere il comportamento generale dell'economia artificiale. L'analisi di sensitività che abbiamo condotto variando i parametri "profondi" che abbiamo utilizzato per le simulazioni evidenzia un buon grado di robustezza dei risultati ottenuti.

Le prime conclusioni che si possono trarre dall'analisi condotta è che la natura degli *shock* influenza in modo decisivo la direzione delle fluttuazioni delle variabili del nostro sistema di riferimento. Sebbene la direzione delle fluttuazioni della tassa ottimale che il governo sceglie per soddisfare le preferenze dell'elettore mediano non muti sensibilmente nei cicli economici a seconda del tipo di *shock* analizzato, aggregati macroeconomici come la produzione totale o il capitale subiscono profonde influenze. In presenza di uno *shock* alle preferenze dell'elettore mediano nei confronti del godimento dei beni ambientali l'*output* prodotto e il capitale diminuiscono per l'effetto distorsivo che la tassa, necessaria a coprire il maggiore utilizzo delle risorse ambientali, ha sull'offerta di lavoro; nel caso invece di un miglioramento stocastico del fattore tecnologico che sposta la funzione di produzione verso l'alto l'*output* totale reagisce inizialmente in modo positivo, come pure i consumi di beni ambientali, per raggiungere successivamente il loro nuovo equilibrio non appena gli effetti dello *shock* in Z si esauriscono. La crescita di Y e di G è perfettamente coerente con la maggiore produzione consentita dallo *shock* alla produttività. La tassazione ottimale invece non subisce variazioni nella direzione delle fluttuazioni cicliche a seconda dei diversi *shock* che colpiscono il sistema perchè entrambi conducono ad un aumento in G che guida l'aumento della tassa nel breve periodo. Nel caso dello *shock* alla tecnologia comunque, che persiste nel tempo, i sentieri di equilibrio delle variabili integrate mutano in modo permanente; quando invece il processo autoregressivo dello *shock* è fuori del circolo unitario, le variabili ritornano sul loro sentiero di equilibrio di partenza. L'analisi quantitativa che abbiamo condotto è servita dunque a mettere in luce i cambiamenti nel ciclo economico-politico del comportamento dell'economia artificiale (in particolare della tassazione ottimale del governo e dell'utilizzo ottimale dei beni ambientali) guidato dagli *shock* che colpiscono il sistema.

Lo stato leviatano

Nella paragrafo precedente abbiamo esaminato il comportamento di breve periodo dell'economia in cui il governo sceglie le sue politiche di tassazione secondo l'approccio dell'elettore mediano. Si tratta del caso *benchmark* dell'impianto teorico utilizzato tradizionalmente per studiare le problematiche della *Public Choice* suscettibile di estensioni. Quella che ci proponiamo di analizzare in questo paragrafo si riferisce alla formulazione del problema dello stato leviatano: i partiti politici non sono interessati solo a massimizzare la funzione di utilità dell'elettore mediano ma anche ad ottenere dei vantaggi per se stesso. Come avremo modo di osservare successivamente i vantaggi per il governo si esplicitano in una sorta di tassazione aggiuntiva che colpisce l'utilizzo delle risorse ambientali che compaiono nella funzione di utilità dell'elettore mediano. Questo naturalmente comporterà un'ulteriore distorsione nell'utilizzo dei beni ambientali e nelle dinamiche transitorie dell'economia artificiale al manifestarsi degli *shock* esogeni alla tecnologia, alle preferenze dei cittadini verso il consumo di risorse naturali e ai contributi da destinare ai partiti. Il nostro approccio rimane quello del RBC con focus sulle fluttuazioni cicliche dell'intera economia rispetto al suo comportamento di equilibrio di lungo periodo catturato dallo stato stazionario. In particolare ci soffermeremo sulla descrizione delle dinamiche di disequilibrio della tassazione ottimale scelta dal governo leviatano e dell'utilizzo ottimale dei beni ambientali nonchè sulla comparazione dei risultati ottenuti con quelli associati al modello *benchmark* dell'elettore mediano.

Il problema del Governo

Siamo in presenza di un governo che massimizza la seguente funzione intertemporale di utilità:

$$\max \sum_{s=0}^{\infty} E_t[\beta^{t+s}(\log C_{t+s} + \rho \log G_{t+s} + \psi \log(1-N_{t+s}))] \qquad (34)$$

u'>0; u''<0

in cui C rappresenta il consumo, G il bene ambientale, e (1-N) il tempo libero. Il bene ambientale G ha la seguente rappresentazione:

$$G = \theta_t (1+\nu)(t_t)\overline{N} \qquad (35)$$

Il godimento dei beni ambientali, soggetto a *shock* esogeni alle preferenze θ, comporta un costo per l'ambiente che viene compensato dall'imposizione di una tassa t applicata al reddito medio degli elettori più una frazione aggiuntiva, ν della tassa complessiva che lo stato vuole per sè. I parametri ψ e ρ e θ hanno la stessa interpretazione descritta nella sezione precedente.

Il vincolo di bilancio intertemporale può essere formulato nel modo seguente:

$$N_{t+s} + (1+r_{t+s})K_{t-1+s} = t_{t+s}N_{t+s} + \nu t_{t+s}N_{t+s} + C_{t+s} + K_{t+s} + G_{t+s} \qquad (36)$$

K è il capitale, r il tasso di rendimento sul capitale e ν è l'aliquota aggiuntiva della tassa del governo leviatano. La sua interpretazione è semplice nel senso che prevede che le spese per il consumo, investimenti, godimento di beni ambientali e tasse trovino adeguata copertura nelle risorse provenienti dal reddito N e dal rendimento del capitale.

E' opportuno ricordare che θ, la componente stocastica del godimento dei beni ambientali, segue il processo:

φ_θ rappresenta il coefficiente di autoregressione della serie per θ e ε^θ lo *shock* i.i.d..

$$\theta_t = \varphi_\theta \theta_{t-1} + \varepsilon_t^\theta$$

L'impresa rappresentativa di questa versione alternativa della nostra economia *benchmark* di *public choice* si comporta esattamente come nel caso dell'elettore mediano per cui rimandiamo alla sezione precedente la discussione del suo problema di massimizzazione e della sua soluzione.

La soluzione del problema del governo leviatano

Riportiamo di seguito solo gli elementi di novità nella soluzione del problema del governo leviatano che presenta notevoli similarità con quella relativa al modello dell'elettore mediano. Le due equazioni che differiscono sono la condizione di primo ordine per il lavoro e quella per la tassa.

1. la FOC relativa al lavoro per s = 0 è:

$$\frac{\partial L}{\partial N_t} \Rightarrow -\psi \frac{1}{1-N_t} + \lambda_t (1 - t_t - \nu) = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{C_t}(1 - t_t - \nu) = \psi \frac{1}{1-N_t} \qquad (37)$$

2. La FOC relativa alle tasse per s = 0 è:

$$\frac{\partial L}{\partial t_t} \Rightarrow \rho \frac{1}{(t_t)} = \lambda_t \nu N_t + \lambda_t N_t + \lambda_t \theta_t \overline{N}(1+\nu) \Rightarrow$$

$$\rho \frac{1}{(t_t)} = \frac{N_t}{C_t} + \frac{\nu N_t}{C_t} + \frac{\theta_t \overline{N}(1+\nu)}{C_t} \qquad (38)$$

La simulazione

Dopo avere detrendizzato l'economia artificiale in modo da individuare il suo stato stazionario seguendo la procedura adottata per il modello dell'elettore mediano abbiamo proceduto a loglinearizzare il nostro sistema di equazione per ottenere la versione simulabile con le tecniche di **Uhlig**. L'analogo loglinearizzato del modello differisce da quello determinato nel caso del modello *benchmark* di *public choice* prima simulato nelle seguenti espressioni:

1. Il vincolo di bilancio:

$$0 = -\mu N n_t - \overline{K} k_t - r\overline{K}(r_t + k_{t-1}) + \mu \overline{T} N(t_t + n_t) + \mu \overline{T} N \nu (t_t + n_t) \mu \overline{C} c_t + \mu \overline{K} k_t + \mu \overline{\theta T N}(\theta_t + t_t) + \mu \overline{\theta T N} \nu (\theta_t + t_t) \qquad (39)$$

2. La FOC relativa al lavoro:

$$0 = \left(\frac{N}{\overline{C}\psi} + \frac{\overline{T}}{\overline{C}\psi} - \frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi} - \frac{1}{\overline{C}\psi} + \frac{\nu}{\overline{C}\psi} - \frac{\nu N}{\overline{C}\psi}\right)(c_t) + \left(\frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi} - \frac{\overline{T}}{\overline{C}\psi}\right)(t_t) + \left(-\frac{N}{\overline{C}\psi} + \frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi} - \frac{N}{\overline{Y}}\frac{1}{(1-\alpha)} + \frac{\nu N}{\overline{C}\psi}\right) n_t + \frac{N}{\overline{Y}}\frac{1}{(1-\alpha)} y_t \qquad (40)$$

3. La FOC relativa alla tassa:

$$0 = \frac{\overline{T}}{\rho} t_t - \frac{\overline{C}}{N}(c_t - n_t) - \frac{\overline{C}}{\overline{\theta N}}(1+\nu)(c_t - \theta_t) - \frac{\overline{C}}{\overline{\nu N}}(c_t - n_t) \qquad (41)$$

4. Per finire l'espressione loglineare per il consumo di beni ambientali diviene:

$$0 = -\overline{G}g(t) + (1+\nu)\overline{\theta}\overline{TN}(\theta_t + t_t) \qquad (42)$$

I risultati della simulazione

Per simulare la nostra economia modello abbiamo applicato la procedura di **Uhlig** che risolve il sistema loglineare che abbiamo descritto postulando una legge di moto ricorsiva per le variabili di stato e risolvendo con il metodo dei coefficienti indeterminati. I parametri "profondi" utilizzati per condurre le simulazioni e legare il modello teorico ai dati dell'economia reale di riferimento del nostro lavoro, il Regno Unito, sono quelli calibrati nella sezione precedente relativa al modello dell'elettore mediano. Ricordiamo pertanto che abbiamo selezionato: $\psi = 2{,}04$ e $\rho = 0{,}5$.

Le funzioni di risposta agli impulsi che si ottengono[9], lo ricordiamo, descrivono il comportamento degli aggregati macroeconomici di interesse nel breve periodo e i meccanismi di aggiustamento verso lo stato stazionario detrendizzato. Cominciamo a descrivere gli effetti dello *shock* alla tecnologia sulla nostra economia teorica. Le reazioni della produzione totale e del tasso di rendimento del capitale sono quelle attese dalla teoria di RBC che predice un aumento di entrambe in presenza di un'innovazione stocastica positiva al fattore di produttività totale che sposta l'intera funzione di produzione verso l'alto. La variazione positiva della produzione paga maggiormente i fattori produttivi con la conseguenza di accrescere il reddito da lavoro e di qui la tassa. Il maggiore gettito derivante dall'aumento della tassazione del lavoro consente di consumare più beni ambientali forzando G a crescere di impatto e a posizionarsi su di un sentiero di equilibrio più alto di quello precedente. Il *trade-off* consumo di beni prodotti/consumo di risorse naturali emerge anche in questa costruzione del modello teorico. E' interessante notare come nell'ipotesi di governo leviatano, che aggiunge alla normale tassazione una frazione che vuole per sè, gli effetti dell'innovazione tecnologica sull'economia tramite la crescita delle tasse sono amplificati. Per quanto riguarda invece la direzione delle funzioni di risposta agli impulsi delle variabili di interesse non vi sono delle differenze da rilevare tra le due versioni del modello del decisore pubblico analizzate.

[9] riportate nelle appendici III

Passiamo ad esaminare le fluttuazioni dell'economia con governo leviatano nel ciclo economico-politico innescato da uno *shock* alle preferenze dell'elettore mediano verso il godimento dei beni ambientali. La reazione dell'economia al verificarsi di uno *shock* in θ non differiscono da quelle analizzate nell'ipotesi dell'elettore mediano. La ragione per cui non vi sono differenze rilevanti nelle funzioni di risposta agli impulsi nel caso dello *shock* alle preferenze dell'elettore mediano rispetto al caso dello *shock* alla tecnologia tra le due versioni dell'economia modello è dovuta al fatto che lo *shock* in Z produce un aumento del reddito che subisce l'effetto distorsivo (di natura moltiplicativa) sia della tassa che della frazione aggiuntiva ν che va al governo leviatano. Nel caso di *shock* a θ invece il meccanismo di trasmissione sull'utilizzo dei beni ambientali G e, di qui, sul resto dell'economia è lo stesso del precedente visto che se ne modifica additivamente solo per una quantità costante ν.

Shock ai contributi richiesti dallo Stato Leviatano[10]

Abbiamo avuto modo di osservare che la direzione delle reazioni cicliche dell'economia determinate dagli *shock* alla tecnologia e alle preferenze degli agenti verso il godimento di beni ambientali sono piuttosto robuste alle variazioni strutturali dell'economia teorica di riferimento. La presenza di un modello di elettore mediano contro l'impianto teorico dello stato leviatano che preleva per sè una parte della tassazione pubblica per l'utilizzo dei beni ambientali ci rivela infatti differenze solo nella dimensione dei cambiamenti guidati dalle innovazioni stocastiche dell'economia artificiale.

Le cose cambiano quando si modellano le contribuzioni allo stato leviatano postulando un processo di moto esogeno per la variabile ν [11]:

$$\nu_t = \varphi_\nu \nu_{t-1} + \varepsilon_t^\nu \tag{43}$$

In questo caso variazioni non attese nella frazione della tassazione prelevata dallo stato producono interessanti fluttuazioni dell'intera economia modello.

Cominciamo dal comportamento della tassa ottimale. Un aumento in ν determina una riduzione di T perchè è come se i maggiori contributi allo stato leviatano fossero da soli sufficienti a finanziare l'utilizzo di beni ambientali G. Poichè le preferenze degli agenti, θ, rispetto al godimento delle risorse naturali non variano, le tasse necessarie a coprire l'utilizzo dell'ambiente decrescono nel ciclo economico. Sebbene le tasse si siano ridotte l'offerta di lavoro subisce uno stimolo negativo derivante dalla maggiore incidenza sul reddito delle

[10] Le relative funzioni di risposta agli impulsi sono riportate nelle appendici IV

[11] La versione loglinearizzata dell'economia che ne deriva è descritta nelle appendici I

contribuzioni allo stato; di conseguenza anche la produzione totale reagisce negativamente ad uno *shock* in ν. L'introduzione di variazioni stocastiche nei contributi allo stato leviatano è servita a mettere in luce il *trade off* tasse/contributi nell'utilizzo dei beni ambientali per cui se si verifica un aumento dei contributi pubblici allo stato leviatano le tasse associate al godimento delle risorse naturali decrescono; ma soprattutto si è rivelata utile per la comprensione del meccanismo di trasmissione, con effetti negativi sull'economia, del sistema di tassazione aggiuntiva dello stato leviatano. Un incremento della frazione della tassa totale trattenuta dai partiti per propri fini, agendo sull'offerta di lavoro e, di qui, sulla produzione finale, comprime l'economia che reagisce negativamente nel ciclo economico-politico. Le variabili macroeconomiche chiave quali l'*output*, il tasso di rendimento del capitale ed il lavoro decrescono dunque nel breve periodo.

Conclusioni

Ci siamo proposti nel corso di questo lavoro di esaminare il comportamento, nel ciclo economico-politico, di un'economia artificiale in cui i partiti politici sono in competizione per catturare le preferenze degli elettori. Più specificamente il nostro interesse si è rivolto all'analisi delle variazioni nella tassazione ottimale (e di qui delle variazioni nell'utilizzo dei beni ambientali) che i partiti scelgono una volta che *shock* esogeni di diversa natura colpiscono l'economia teorica.

A questo scopo abbiamo costruito due modelli di riferimento: i) il primo riflette l'approccio dell'elettore mediano; ii) il secondo quello di uno stato leviatano in cui i partiti politici trattengono per sè parte delle tasse pagate dai cittadini. Quest'ultimo può essere considerato un'estensione del primo utilizzata per studiare le distorsioni introdotte nell'economia teorica dal sistema delle contribuzioni ai partiti politici.

I risultati delle simulazioni hanno rivelato interessanti andamenti di breve periodo degli aggregati economici chiave e differenze rilevanti del comportamento dell'economia dipendenti dalla natura degli *shock* che colpiscono il sistema e dalla struttura stessa dei modelli presentati. In particolare la produzione totale e il tasso di rendimento sul capitale mostrano *performance* migliori, in termini di dimensioni delle fluttuazioni cicliche, in assenza di uno stato leviatano di fronte a *shock* di natura tecnologica rispetto al modello con partiti politici che trattengono una parte delle entrate pubbliche per propri fini. La tassazione ottimale (e l'utilizzo dei beni ambientali) pure subisce un incremento maggiore nel modello dell'elettore mediano rispetto al modello di stato leviatano perchè cattura da sola tutta la variazione nel reddito nazionale provocata da un miglioramento nella tecnologia. Sotto le ipotesi dei partiti egoistici invece parte dell'aumento della produttività totale si traduce in un aumento dei contributi ai partiti politici. In presenza di *shock* alle preferenze dei cittadini verso il godimento dei beni ambientali si assiste, sotto entrambe le formulazioni dell'economia artificiale, ad un aumento della tassa ottimale necessaria per sostenere il maggiore utilizzo di risorse naturali. Tale comportamento è coerente con la nostra costruzione teorica in cui il godimento di beni ambientali può avvenire solo pagando il costo del suo depauperamento attraverso il sistema delle tasse. Da ultimo abbiamo analizzato le variazioni cicliche dell'economia con partiti politici leviatani di fronte a *shock* nei contributi da versare alle forze politiche, ν. I risultati più interessanti riguardano la reazione negativa della produzione totale e della tassazione ottimale. La risposta negativa della tassa proposta dai partiti riflette il *trade off* tassa / contributi allo stato per cui all'aumentare dei contributi diminuiscono le tasse imposte ai cittadini per godere dei beni ambientali. La risposta negativa dell'*output* è legata al disincentivo al lavoro determinato dal minore reddito da lavoro disponibile dopo avergli sottratto la frazione corrispondente ai contributi. In questo senso l'aver modellato lo *shock* in ν ha permesso di evidenziare le dinamiche transitorie negative dell'economia artificiale innescate da forme distorsive di azione pubblica.

Le principali conclusioni che si possono trarre dalla nostra analisi riguardano il fatto che in una prospettiva intertemporale di competizione di forze politiche la tassazione ottimale che consente ai partiti di vincere le elezioni e, di qui l'utilizzo ottimale dei beni ambientali) subisce variazioni cicliche a seconda della natura degli *shock* che si possono verificare nel sistema teorico di riferimento. Gli *shock* ipotizzati possono produrre effetti negativi, in termini di aumento della tassa, come nel caso dello *shock* in Z o in θ; o possono guidare reazioni positive (diminuzione) della tassa come nel caso di uno *shock* in ν. E' opportuno infine sottolineare che variazioni nella tassa avranno ripercussioni sul sistema nel suo complesso. Non bisogna dimenticare pertanto di guardare all'evoluzione dinamica dell'intera economia teorica dipendente dalle relazioni fondamentali tra le variabili del sistema e innescata dalle innovazioni stocastiche postulate per avere un quadro chiaro del suo comportamento di breve periodo. Se ci soffermiamo sullo sfruttamento delle risorse ambientali è possibile notare che ogni volta che gli effetti destabilizzanti degli *shock* portano ad un aumento della tassazione ottimale da parte dei partiti politici si assiste ad un maggiore depauperamento dell'ambiente; paradossalmente la preservazione ambientale viene garantita solo in presenza di uno stato leviatano che – di fronte ad uno *shock* nell'extra contribuzione pubblica, ν - incrementa la tassa aggiuntiva a suo esclusivo vantaggio disincentivando lo sfruttamento del patrimonio naturale (soggetto a tassazione).

Riferimenti bibliografici

Buchanan, J. M. "The Institutional Structure of Externality", *Public Choice*, 1972, 69 - 82.

King, R.G., Plosser, C.I., Stock, S.H., Watson, M.W. “Stochastic Trends and Economic Fluctuations”, *American Economic Review*, 1991, n. 81

Finus, M. e Rudshagen, B. "Toward a positive theory of coalition formation and endogenous instrumental choice in global pollution control", *Public Choice*, 1998, 145-186.

Mueller, D. C. "Public Choice II", Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

Miguè, J. e Marceau, R. "Pollution taxes, subsidies, and rent seeking", *Canadian Journal* of Economics, 1993, XXVI, 355-365

Uhlig, H. “A Toolkit for Analyzing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily” CentER, University of Tilburg and CEPR

Wirl, F. "Can Leviathan Government mitigate the tragedy of the commons?", *Public Choice*, 1996, 363-373

Yandle, B. "Economic agents and the level of pollution control", *The Quarterlu Review of Economics and Business*, 1982, Vol. 22, 105-109

Appendice I

Versione loglineare del modello di Stato Leviatano con *shock* in ν

Riportiamo di seguito la versione loglineare delle equazioni del modello che vengono modificate dalla specificazione di uno *shock* alla tassazione aggiuntiva che lo stato leviatano tiene per sè.

5. Il vincolo di bilancio:

$$0=-\mu N n_t-\overline{K}k_t-r\overline{K}(r_t+k_{t-1})+\mu\overline{T}N(t_t+n_t)+\mu\overline{T}N\overline{\nu}(t_t+n_t+\nu_t)$$
$$+\mu\overline{C}c_t+\mu\overline{K}k_t+\mu\theta\overline{TN}(t_t)+\mu\theta\overline{TN}\,\overline{\nu}(\nu_t+t_t) \qquad (1)$$

6. La FOC relativa al lavoro:

$$0=(\frac{N}{\overline{C}\psi}+\frac{\overline{T}}{\overline{C}\psi}-\frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi}-\frac{1}{\overline{C}\psi}+\frac{\nu}{\overline{C}\psi}-\frac{\nu N}{\overline{C}\psi})(c_t)+(\frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi}-\frac{\overline{T}}{\overline{C}\psi})(t_t)+$$
$$(-\frac{N}{\overline{C}\psi}+\frac{\overline{T}N}{\overline{C}\psi}-\frac{N}{\overline{Y}}\frac{1}{(1-\alpha)}+\frac{\nu N}{\overline{C}\psi})n_t+\frac{N}{\overline{Y}}\frac{1}{(1-\alpha)}y_t+(-\frac{\nu}{\overline{C}\psi}+\frac{\nu N}{\overline{C}\psi})(\nu_t)$$
$$(2)$$

7. La FOC relativa alla tassa:

$$0=\frac{\overline{T}}{\rho}t_t-\frac{\overline{C}}{N}(c_t-n_t)-\frac{\overline{C}}{\theta\overline{N}}(c_t)-\frac{\overline{C}}{\overline{\nu}\overline{N}}(c_t-n_t-\nu_t)-\frac{\overline{C}}{\theta\overline{N}\,\overline{\nu}}(c_t-\nu_t) \qquad (3)$$

8. Per finire l'espressione loglineare per il consumo di beni ambientali diviene:

$$0=-\overline{G}g(t)+\theta\overline{TN}(t_t)(1+\overline{\nu}+\nu_t) \qquad (4)$$

Appendice II

Modello *benchmark* con approccio dell'elettore mediano: *funzioni di risposta agli impulsi*

Appendice III

Modello con approccio del governo leviatano: ***funzioni di risposta agli impulsi***

Appendice IV

Modello con approccio del governo leviatano: ***shock in υ e funzioni di risposta agli impulsi***