

L'ECONOMIA E I MONDI ARTIFICIALI: MICROFONDAZIONI E MODELLI MULTI-AGENTE

Martino Kuntze

Sommario

Lo sviluppo della metodologia economica non è stato lineare nel corso del tempo. In particolare nel campo della macroeconomia, branca specializzata nello studio dei fenomeni aggregati, numerosi approcci metodologici alternativi sono stati proposti per affrontare o ridurre sul piano teorico la complessità del sistema economico nel suo insieme. In seguito alla “critica di Lucas” è stata affermata con forza la necessità di fondare la teoria partendo dall’analisi delle singole componenti che costituiscono il suo insieme. I modelli e le strutture analitiche sviluppati sulla scia di tale pensiero, continuano tuttavia a mostrare gravi carenze sia sul piano descrittivo che su quello predittivo. Con gli sviluppi dell’economia computazionale e con l’allargamento sul piano interdisciplinare dell’analisi macroeconomica, una possibile alternativa ai modelli correntemente in uso sta venendo formulata: gli agent-based model (ABM), simulazioni computerizzate in cui una molteplicità di agenti interagisce secondo regole prestabilite. L’articolo si propone di fornire una ricostruzione storica dello sviluppo della metodologia macroeconomica, un breve inquadramento teorico dei modelli agent-based e alcune considerazioni riguardo lo sviluppo futuro di tale linea di ricerca.

1 Introduzione

Nella sua autobiografia, Bertrand Russel afferma di aver abbandonato gli studi dell’economia in quanto riteneva fosse troppo semplice. Max Planck, a detta di Keynes, si sarebbe invece allontanato dall’economia in quanto eccessivamente complessa. Com’è possibile che Planck, fondatore della meccanica quantistica, ritenesse eccessivamente complicata una scienza considerata banale ed elementare da Russel? Entrambi le visioni sono in realtà giustificate, e dipendono da un approccio diverso a due problemi cardine nella scienza economica: il primo relativo ai processi cognitivi individuali, il secondo invece alla rete di interazioni, sinergie e feedback che si instaurano tra la molteplicità di individui che agiscono nel contesto economico. L’economia può essere infatti ridotta a una scienza elementare qualora si scelga di modellare il comportamento individuale trascurando l’analisi dei sottostanti processi cognitivi e degli aspetti di interazione sociale ed economica. Se, al contrario, si tenta di aprire la “scatola nera” dei processi cognitivi o di tener conto dei comportamenti aggregati emergenti dall’interazione dei singoli individui, l’economia si rivela in tutta la sua complessità.

Il presente articolo tratta della fonte di complessità teorica legata al considerare esplicitamente le reti di interazione tra gli agenti. Come punto di partenza, verrà fornita un breve sintesi riguardo le prime formulazioni di modelli economici di equilibrio generale e riguardo gli sviluppi della macroeconomia nel XIX e XX secolo, con un focus particolare sulla “critica di Lucas”. Dall’analisi del pensiero di Lucas, verrà evidenziato inoltre il cambio nel metro di valutazione dei modelli macroeconomici. In secondo luogo, verranno messi in luce i principali limiti delle risposte teoriche alla critica di Lucas, ovvero dei modelli econometrici e di quelli ad agente rappresentativo. La parte conclusiva dell’articolo sarà invece dedicata alla trattazio-

ne dei modelli *agent-based*, promettente frontiera teorica multidisciplinare che si prefigge di fornire una comprensione più profonda dei fenomeni emergenti dall’interazione delle singole componenti del sistema economico.

2 Il problema di Cournot

Il sistema economico è un sistema complesso, in quanto è costituito da un grand numero di agenti che interagiscono tra loro in diversi modi e seguendo diverse linee di comportamento. Una conseguenza di ciò è la difficoltà etichettata da Hoover (2008) come “Cournot problem”, con riferimento alla lucida formulazione di Cournot nel 1897. Secondo Cournot, “il sistema economico è un insieme in cui tutte le parti sono connesse e reagiscono le une con le altre.” Di conseguenza, “per una completa e rigorosa soluzione dei problemi relativi ad alcune parti del sistema, risulta indispensabile prendere l’intero sistema in considerazione” (Cournot, 1897). Sviluppare l’analisi applicando la *empty world hypothesis* (Simon, 1991), schema di riduzione della complessità che prescrive di trascurare l’analisi delle interazioni e di concentrarsi sullo studio delle singole componenti del sistema, non permetterebbe di ottenere una comprensione profonda delle dinamiche fondamentali dell’economia.

Cournot, nei suoi scritti, evidenzia un problema tecnico, sostenendo che un tale approccio olistico richiederebbe una potenza computazionale superiore a quella che l’analisi matematica è in grado di offrire. A tale problema tecnico una soluzione algebrica venne fornita solo pochi decenni dopo dal modello walrasiano di Equilibrio Economico Generale (EEG), il quale viene successivamente rinforzato sia sul piano teorico con la formalizzazione del modello di Arrow-Debreu (1954), sia sul piano empirico per mezzo di una combinazione dell’algebra walrasiana con metodologie econometriche di previsione.

Una forte critica a questo tipo di modelli venne tuttavia mossa da Friedman (1951) sulla base di un confronto tra le predizioni da essere generate e i risultati di modelli “naive”, in cui i livelli delle principali variabili vengono semplicemente modellati come risultanti di un processo stocastico di tipo *white-noise*. Tale confronto mise in luce come all’enorme complessità analitica dei modelli econometrici non corrispondesse un significativo miglioramento della potenza descrittiva e predittiva.

Con il rapido sviluppo dei computer e delle capacità computazionali, tuttavia, le cose sembrarono cambiare. Nel 1959 Irma e Frank Adelman usarono un calcolatore IBM per implementare un modello costituito da 25 equazioni alle differenze finite in altrettante variabili, analiticamente in grado di tener conto anche di vincoli esterni e shock stocastici (Adelman & Adelman, 1959). I livelli delle variabili generati dal modello esibirono fluttuazioni cicliche notevolmente simili a quelle riscontrate empiricamente, tanto da suggerire un cambio di paradigma nella metrica di valutazione dei modelli (Boumans, 1997).

Secondo Lucas, ai test di coerenza interna e di potenza predittiva sarebbe stato possibile sostituire un test basato sul confronto tra i dati originati artificialmente ed i dati generati dall’economia: un modello sarebbe da considerarsi valido qualora un osservatore non sia in grado di distinguere le serie economiche generate artificialmente da un computer dalle serie analoghe generate dall’economia reale (Lucas Jr, 1977). A chiunque abbia un minimo di familiarità con il campo dell’intelligenza artificiale, la logica suggerita da Lucas ricorda immediatamente quella del “Test di Turing” (Turing, 1950). Secondo Lucas, tuttavia, la capacità di costruire un modello in grado di imitare il comportamento dinamico dell’economia reale sarebbe una condizione necessaria ma non sufficiente per poter applicare tali modelli all’analisi di politiche economiche. L’essenza di tale proposizione è ciò che costituisce la cosiddetta “Critica di Lucas”, trattata brevemente nella prossima sezione.

3 La critica di Lucas

La tesi principale della “critica di Lucas” è che avere modelli capaci di generare retrospettivamente delle serie storiche di dati in linea con il comportamento effettivo dell’economia non risulta sufficiente per poter discutere le implicazioni delle politiche economiche sullo sviluppo dell’economia stessa. Secondo Lucas sarebbe sbagliato pensare di poter prevedere gli effetti di cambiamenti nelle politiche economiche semplicemente sulla base delle relazioni che emergono dall’osservazione di dati storici, specialmente quando l’analisi si svolge a livello di variabili aggregati. I parametri stimabili per mezzo di modelli econometrici, infatti, dipendono fortemente dalle politiche economiche in vigore e tali modelli non possono dunque fornire indicazioni sulle effettive conseguenze di politiche economiche alternative (Lucas Jr, 1976).

È con la critica di Lucas che avviene un netto *paradigm shift* a favore di una macroeconomia “micro-fondata”, ovvero a favore di teorie macroeconomiche fondate sull’analisi e la modellizzazione del comportamento dei principali agenti del sistema economico, ovvero degli individui e delle imprese. Nell’articolo “On the Mechanics of Economic

Development” Lucas rinforza ulteriormente il legame tra la scienza economica e il mondo dell’intelligenza artificiale, facendo riferimento alla possibilità di creare “mondi artificiali”, ossia modelli stocastici implementabili per mezzo di computer e calcolatori, costituiti da un insieme di *microlevel entities* che interagiscono tra loro e con l’ambiente circostante secondo regole predefinite (Lucas Jr, 1988).

Gli agenti che Lucas si propone di creare sono agenti “situati”, ovvero interagenti con l’ambiente circostante, e caratterizzati da un’autonomia esecutiva, ovvero in grado di scegliere autonomamente i migliori mezzi per raggiungere obiettivi dati. In diversi modelli alle *microlevel entities* viene inoltre attribuito un sistema di *beliefs*, desideri ed intenzioni: i *beliefs* rappresentano la conoscenza epistemica che ciascun agente ha del mondo circostante, i desideri sono gli stati del mondo che l’agente cerca di ottenere e le intenzioni sono i mezzi scelti dall’agente per realizzare tali desideri. I modelli macroeconomici microfondati si collocano dunque all’interno di un framework Beliefs-Desires-Intensions (BDI), in cui agli agenti viene riconosciuta una *intentional stance* (Dennett, 1989).

Modelli così costruiti avrebbero dovuto permettere di studiare analiticamente le dinamiche del sistema e di approfondire l’analisi dei “fenomeni emergenti”, fenomeni non derivabili semplicemente dalla modellizzazione del comportamento delle singole componenti (Schelling, 2006). Risulta tuttavia evidente che una simile metodologia, per poter essere implementata ed applicata, richiede di essere accompagnata da un qualche metodo di riduzione della complessità. La soluzione proposta da Lucas fu quella di ricorrere alla nozione di “agente rappresentativo”, ovvero alla figura di un agente archetipico che possa rappresentare il comportamento di una intera categoria di agenti. Il ricorso alla figura dell’agente rappresentativo permette di limitare l’analisi al comportamento di un singolo agente (o al più di tanti agenti quante sono le categorie considerate), evitando di doversi confrontare con una molteplicità di agenti e di decisioni simultanee (Hartley, 1996).

La metodologia fondata sull’agente rappresentativo sembra tuttavia aggirare, più che risolvere, il problema della complessità e, negli ultimi anni, le critiche a tale approccio metodologico sono aumentate in frequenza ed in intensità. I modelli ad agente rappresentativo non sono in grado di tener conto della molteplicità di interazioni possibili tra gli agenti del sistema e dunque non permettono la comprensione dei fenomeni emergenti, degli aspetti conflittuali e degli squilibri ciclici del sistema economico. Per loro stessa natura, inoltre, escludono la possibilità di crisi strutturali: se l’agente rappresentativo andasse in bancarotta, l’intero sistema collasserebbe (Gatti et al., 2011). Secondo il pensiero di Alan Kirman la riduzione di un gruppo eterogeneo di agenti ad un singolo agente rappresentativo risulta ingiustificata e conduce a conclusioni spesso fuorvianti. L’intero approccio metodologico, non solo primitivo ma anche fondamentalmente erroneo, dovrebbe dunque essere abbandonato (Kirman, 1992).

La macroeconomia dovrebbe dunque fare un passo indietro, tornando a fondare l’analisi sullo studio delle serie storiche e delle dinamiche aggregate, o un passo avanti, cercando di considerare esplicitamente l’eterogeneità degli agenti che costituiscono il sistema economico. Gli *agent-based models* (ABM) rappresentano un promettente sviluppo teorico in questa seconda direzione.

4 I modelli *agent-based*

I modelli *agent-based* sono simulazioni computerizzate in cui agenti eterogenei interagiscono tra loro e con l'ambiente circostante. Gli ABM sono modelli di natura interdisciplinare, in cui i classici strumenti dell'analisi economica vengono arricchiti dai risultati e dai contributi delle altre scienze sociali, della biologia evolutiva e dell'intelligenza artificiale. Concettualmente essi non rappresentano dunque qualcosa di diverso dall'idea dei mondi artificiali proposta da Lucas, anzi sembrano fornirne un'implementazione migliore e più vicina agli intenti originali. Gli ABM si differenziano invece significativamente dai modelli ad agente rappresentativo e si propongono di fornire una soluzione ai difetti intrinseci di questi ultimi.

Nei modelli AB, il termine "agente" comprende una vasta gamma di possibili entità: esempi di agenti possono essere gli individui e le imprese, ma anche gruppi sociali, istituzioni politiche, entità biologiche ed entità fisiche. La pluralità di agenti può dunque spaziare da entità attive, razionali e computazionali, in grado di ricercare informazioni e di implementare meccanismi adattivi di apprendimento, ad entità passive senza funzioni cognitive. Inoltre, è prevista un'architettura gerarchica del sistema, in cui agenti possono essere formati da altri agenti: un'impresa, ad esempio, può essere rappresentata come costituita dai vari *stakeholders* (Tesfatsion, 2006).

I modelli AB permetterebbero dunque di rappresentare la complessità del sistema economico nel suo complesso, come ritenuto necessario da Walras e da Keynes, fornendo allo stesso tempo un'analisi delle dinamiche di comportamento delle singole componenti del sistema, come richiesto da Lucas. I modelli AB consentono potenzialmente un approfondimento dello studio dei fenomeni emergenti, ad oggi ancora insufficientemente sviluppato nel campo dell'economia, e potrebbero rivelarsi validi strumenti per una valutazione di tipo costi-benefici delle politiche economiche. In altre aree di ricerca, come in epidemiologia o nello studio dei flussi di traffico, modelli *agent-based* stanno già venendo implementati per la valutazione delle policy (Farmer & Foley, 2009).

È necessario tuttavia non lasciarsi trascinare da facili entusiasmi: i modelli AB non sono una panacea. Il problema principale è rappresentato dal dovere scegliere le regole di comportamento dei singoli agenti. È infatti sulla base della definizione di tali regole di comportamento, di apprendimento, di adattamento e di interazione che si sviluppa l'intera sovrastruttura dei modelli AB. Qualora le regole di base siano definite erroneamente, i risultati del modello, per quanto sofisticato esso possa essere, risulterebbero distorti e fuorvianti.

Creare un modello "in vitro" dell'intera economia risulta estremamente complesso e richiede uno sforzo parallelo sui diversi fronti dell'analisi dei dati, dello sviluppo di teorie analitiche e dell'implementazione di test e simulazioni (Farmer & Foley, 2009). Per ridurre il grado di arbitrarietà nella stesura delle regole comporta-

mentali degli agenti sarà inoltre necessaria una collaborazione multidisciplinare tra economisti, psicologi, biologi, *computer scientists* ed esperti di sistemi complessi. Il percorso si prospetta dunque faticoso ma, allo stesso tempo, estremamente interessante e potenzialmente rivoluzionario.

Riferimenti bibliografici

- Adelman, I., & Adelman, F. L. (1959). The dynamic properties of the klein-goldberger model. *Econometrica*, 596–625.
- Arrow, K. J., & Debreu, G. (1954). Existence of an equilibrium for a competitive economy. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 265–290.
- Boumans, M. (1997). Lucas and artificial worlds. *History of political economy*, 29(suppl 1), 63–90.
- Cournot, A. A. (1897). *Researches into the mathematical principles of the theory of wealth*. Macmillan.
- Denett, D. C. (1989). *The intentional stance*. MIT press.
- Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685.
- Friedman, M. (1951). *Comment on a test of an econometric model*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Gatti, D. D., Desiderio, S., Gaffeo, E., Cirillo, P., & Gallegati, M. (2011). *Macroeconomics from the bottom-up* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Hartley, J. E. (1996). Retrospectives: The origins of the representative agent. *Journal of Economic Perspectives*, 10(2), 169–177.
- Hoover, K. D. (2008). Does macroeconomics need microfoundations. In D. M. Hausman (Ed.), *The philosophy of economics: An anthology* (pp. 315–333). Cambridge University Press.
- Kirman, A. P. (1992). Whom or what does the representative individual represent? *Journal of economic perspectives*, 6(2), 117–136.
- Lucas Jr, R. E. (1976). Econometric policy evaluation: A critique. In *Carnegie-rochester conference series on public policy* (Vol. 1, pp. 19–46).
- Lucas Jr, R. E. (1977). Understanding business cycles. In *Carnegie-rochester conference series on public policy* (Vol. 5, pp. 7–29).
- Lucas Jr, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, 22(1), 3–42.
- Schelling, T. C. (2006). *Micromotives and macrobehavior*. WW Norton & Company.
- Simon, H. A. (1991). The architecture of complexity. In *Facets of systems science* (pp. 457–476). Springer.
- Tesfatsion, L. (2006). Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. *Handbook of computational economics*, 2, 831–880.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433.