



Modelos dinámicos y computacionales en Economía

Modelos Macroeconómicos Basados en Agentes

Licenciatura en Economía, FCEA, UDELAR

25 de noviembre de 2021

Contenido de la clase:

- Macro ABM (MABM) en la literatura de ABM
- Características de los MABM
- Algunas clasificaciones
- Ejemplos

Introducción

“When the crisis came, the serious limitations of existing economic and financial models immediately became apparent. Arbitrage broke down in many market segments, as markets froze and market participants were gripped by panic. Macro models failed to predict the crisis and seemed incapable of explaining what was happening to the economy in a convincing manner. As a policy-maker during the crisis, I found the available models of limited help. In fact, I would go further: in the face of the crisis, we felt abandoned by conventional tools. In the absence of clear guidance from existing analytical frameworks, policy-makers had to place particular reliance on our experience. Judgement and experience inevitably played a key role.” (Trichet¹, 2010).

¹Presidente del Banco Central Europeo durante el período 2003-2011

Introducción (cont.)

*“First, we have to think about how to characterise the homo oeconomicus at the heart of any model. **The atomistic, optimising agents underlying existing models do not capture behaviour during a crisis period.** We need to **deal better with heterogeneity across agents and the interaction among those heterogeneous agents.** We need to entertain **alternative motivations for economic choices.** Behavioural economics draws on psychology to explain decisions made in crisis circumstances. **Agent-based modelling dispenses with the optimisation assumption and allows for more complex interactions between agents.** Such approaches are **worthy of our attention.**” (Trichet, 2010)*

MABM en la literatura de ABM

- Modelos Basados en Agentes (ABM): modelos de sistemas adaptativos complejos donde una multitud objetos heterogéneos interactúan entre sí y con el ambiente.
- Economía computacional basada en agentes (ACE): “El estudio computacional de los procesos económicos modelados como sistemas dinámicos de agentes interactivos” (Teshatsion, 2006)
- ABM financieros: modelos basados en agentes de un “mercado artificial” (habitualmente, una bolsa de valores) en donde los inversores (agentes) usan una serie de heurísticas para formar expectativas.

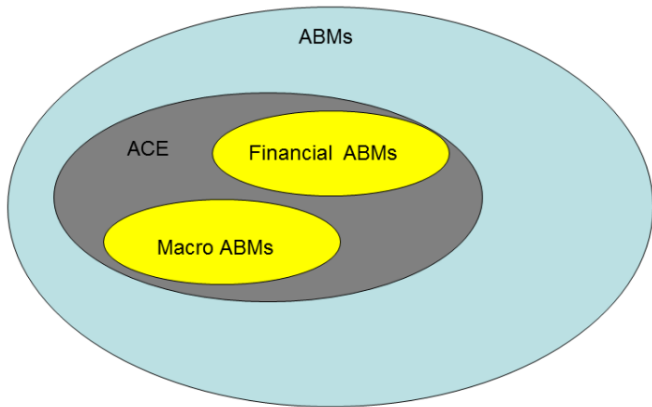
MABM en la literatura de ABM

(cont.)

- Macro ABM (MABM): se concibe a la macroeconomía como un sistema adaptativo complejo donde una multitud de agentes heterogéneos interactúan entre sí y con el ambiente.
- La heterogeneidad proviene del nivel educativo, productividad, tamaño, nivel de endeudamiento, apalancamiento, ingresos, riqueza, etc.
- Las variables macroeconómicas se computan en un enfoque “bottom-up” → se deducen los objetos macroscópicos y sus leyes de comportamiento a partir de una multitud de objetos elementales que interactúan a partir de reglas simples.

MABM en la literatura de ABM

Fuente: Delli Gatti (2013)



MABM en la literatura de ABM

Cómo realizar MABM?

- ① Inicio: considerar una población de agentes heterogéneos (hogares, firmas, bancos, etc...)
- ② Teoría: describir una serie de reglas de comportamiento en el sistema (demanda y oferta de bienes, mano de obra, crédito, etc...)
- ③ Codificación: trasladar estas reglas a líneas de código.
- ④ Validación:
 - calibrar los parámetros
 - correr las simulaciones
 - analizar las propiedades emergentes de los datos simulados, tanto en forma *cross-section* como las series temporales de las variables agregadas macroeconómicas.
 - comparar estas propiedades con los “hechos estilizados”.

Características de los MABM

Procesos autocatalíticos: procesos dinámicos con feedbacks positivos

- Esta característica asegura que el comportamiento de todo el sistema es dominado por la mayor tasa de crecimiento auto-catalítica en vez del elemento medio o mediano.
- Como resultado, el mundo se encuentra controlado por los extremos en vez del promedio.
- Esta es la clave para entender la emergencia de distribuciones libres de escala a nivel agregado. La relevancia de este tipo de distribuciones en economía se encuentra fuertemente reconocida en la econofísica (Mantegna & Stanley, 2000) y en macroeconomía (Gabaix, 2011).

Características de los MABM

Políticas a analizar → diferente a la macro tradicional

- Debido a los feedbacks positivos, los shocks individuales pueden tener consecuencias agregadas: depende si el agente es lo suficientemente “grande” o se encuentra lo suficientemente “conectado” → incluso bajo la ausencia de shocks agregados, shocks individuales pueden generar fluctuaciones en el sistema.
- Debido a la heterogeneidad, los shocks agregados pueden tener consecuencias individuales: un shock agregado afecta no sólo a la media sino también a la varianza y al resto de los momentos de la distribución.
 - un mismo shock agregado puede tener diferentes consecuencias según la distribución de respuestas de los agentes.
- Las reglas de comportamiento pueden o no estar basadas en la optimización.
- No se requieren condiciones de equilibrio.

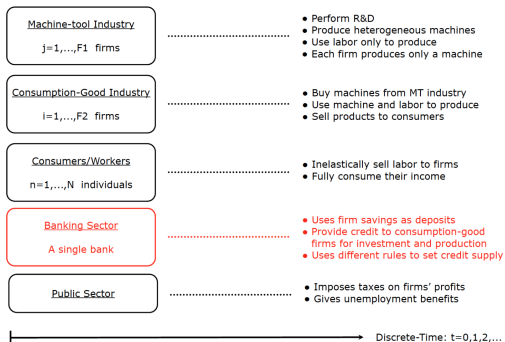
Algunas clasificaciones

- Ashraf, Gershman, Howitt (AGH)
- Complex Adaptive Trivial systems (CATS) → Delli Gatti, Gallegati, etc.
- Eurace@Unibi (EUBI) → Dawid, etc.
- Eurace en Genoa (EUGE) → Cincotti, Raberto, etc.
- Schumpeter meeting Keynes (K+S) → Dosi, Fagiolo, etc.
- JAMEL → Seppecher, Salle.
- Lagom → Jager, Mandel, etc.

Algunas clasificaciones

Schumpeter + Keynes

- Objetivo: estudiar crecimiento y ciclos económicos.
- Número de agentes: > 500
- Número de parámetros: > 30
- Escala temporal: trimestres



Algunas clasificaciones

EURACE@UniBi

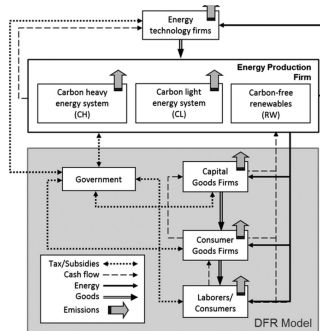
- Objetivo: estudiar ciclos económicos de la economía europea, con estructura espacial.
- Número de agentes: > 1600
- Número de parámetros: > 50
- Escala temporal: días / meses

Agent	Context	Role	Messages
Household	Consumption goods market	Buyer	units demanded
	Labour market	Worker	application, accept/reject job
	Credit market	Depositor	cash holdings
	Financial market	Investor	index share orders
Firm	Investment goods market	Buyer	units demanded
	Consumption goods market	Seller	price, quality
	Labour market	Employer	vacancy, job offer
	Credit market	Borrower	loan request
Investment Goods Firm	Investment goods market	Seller	price, productivity
	Labour market	Employer	vacancy, job offer
Bank	Credit market	Lender	credit conditions
Government	Public sector		tax payments
Central Bank	Credit market	Regulator	base interest

Algunas clasificaciones

EURACE Genoa

- Objetivo: estudiar la transición hacia una economía “verde”.
- Número de agentes: > 600
- Número de parámetros: > 40
- Escala temporal: años



Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos³

- Este modelo, que se encuentra en Bargigli et al. (2016)², busca reproducir cómo los ciclos económicos se ven alterados por mecanismos que se refuerzan a sí mismos.
- Idea principal: un shock en el resultado de las empresas las hace menos propensas a invertir. A su vez esto genera una caída en los resultados, por lo cual se genera un círculo vicioso.

²Bargigli, L., Caiani, A., Riccetti, L., & Russo, A. (2016). A Simple Model of Business Fluctuations with Heterogeneous Interacting Agents and Credit Networks. In *Economics with Heterogeneous Interacting Agents* (pp. 29-102). Springer, Cham.

³Riccetti, L., Russo, A., & Gallegati, M. (2013). Leveraged network-based financial accelerator. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1626-1640.

Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos (cont.)

- Feedback positivo: aumentado por factores financieros → “acelerador de apalancamiento” (Riccetti et al., 2013)
 - el shock negativo hace que los bancos presten menos a las empresas.
 - restricciones en el crédito a las empresas: menor cantidad de créditos o mayores tasas de interés
 - esto fuerza a las empresas a un menor apalancamiento, así como a una menor inversión y menores resultados.
- importante: una crisis que comienza en el sector financiero puede generar una recesión en el sector real de la economía.

Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos (cont.)

- Acelerador financiero basado en la estructura de interrelaciones de la economía: “network-based”.
 - Existe una red de créditos en la economía que puede producir una avalancha de quiebras.
 - La quiebra de una empresa genera problemas para los bancos, por las deudas incobrables.
 - Si los bancos quiebran, se generan distorsiones en el mercado de créditos de la economía.
 - Si los bancos llegan a sobrevivir, reaccionan restringiendo el crédito o aumentando la tasa de interés.
- Feedback: Sector no financiero \rightarrow sector financiero \rightarrow sector no financiero.

Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos (cont.)

Orden del modelo en R:

- 1 Bancos calculan su tasa de interés específica $R_{b,t}$
- 2 Mecanismo de asignación en el mercado de créditos $link_{f,b}$
- 3 Firms actualizan su nivel de leverage $leverage_{i,t}$
- 4 Firms calculan su demanda de créditos $B_{i,t}$
- 5 firms calculan su capital financiero $K_{i,t}$
- 6 Firms calculan su producción objetivo $Y_{i,t}$
- 7 Firms actualizan el precio $p_{i,t}$
- 8 Firms calculan su tasa de interés específica $R_{i,t}$
- 9 Firms calculan beneficios $Pr_{i,t}$
- 10 Firms calculan el nivel de riqueza $A_{i,t}$ y observan si están en default o no $fall_{i,t} = f(A_{i,t})$
- 11 Firms calculan el ratio de pérdidas (si la empresa quiebra) $LGD_{i,t} = f(A_{i,t}, B_{i,t})$
- 12 Bancos calculan depósitos $D_{b,t}$
- 13 Bancos calculan "deuda incobrable" $bad_{b,t}$
- 14 Bancos calculan beneficios $Pr_{b,t}$
- 15 Bancos actualizan sus beneficios netos y chequean si quiebran o no $fall_{b,t} = f(A_{b,t})$

Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos (cont.)

- Función de producción de las empresas

$$Y_{i,t} = \phi K_{i,t}^{\beta}$$

- Nivel de endeudamiento

$$B_{i,t} = A_{i,t} leverage_{i,t}$$

- Precio esperado:

$$p_{i,t+1}^e = p_{i,t}$$

- Apalancamiento: depende de la tasa de interés esperada y del retorno de la inversión
- Heterogeneidad: determinada por su tamaño, su riqueza y por su objetivo de apalancamiento.

Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos (cont.)

- Regla de tasa de interés de los Bancos: depende de la tasa de interés del Banco Central, del Banco y del componente de riesgo de la empresa.
- Elección de Banco: siguiendo una regla de “strategic link formation”. El Banco se cambia con una probabilidad que depende de la diferencia entre tasas de interés.
- Beneficios de las empresas:

$$Pr_{i,t} = p_{i,t} Y_{i,t} - R_{z,i,t} B_{i,t}$$

- Patrimonio de las empresas:

$$A_{i,t+1} = A_{i,t} + Pr_{i,t} \rightarrow \text{si } A_{i,t+1} < 0, \text{ bancarrota}$$

Ejemplo de MABM

Agentes heterogéneos y redes de créditos (cont.)

- Como la cantidad de empresas se mantiene fija, se crea una nueva empresa, con bajo capital.
- En caso de quiebra de una empresa, el Banco prestador sufre una pérdida:

$$LGD_{i,t} = \frac{-(A_{i,t} + Pr_{i,t})}{B_{i,t}}$$

- Patrimonio de los Bancos:

$$A_{z,t+1} = A_{z,t} + Pr_{z,t} \rightarrow \text{si } A_{z,t+1} < 0, \text{ bancarrota}$$