

Modelización, Computación y Calibración Macroeconómica

José L. Torres

Universidad de Málaga

Huelva, 17 de Julio 2024

- 1 Dynare
- 2 El modelo DSGE canónico en Dynare

7. El preprocesador Dynare

- Dynare es un pre-procesador para Matlab/Octave. Una parte de Dynare está programado C++ y otra parte en lenguaje Matlab.
- Dynare es un software libre a través de una licencia GNU (General Public Licence), y por tanto puede ser usado de forma particular como para lo negocios. Está disponible para Windows, Mac y Linux.
- Dynare ha sido desarrollado en el CEPREMAP (Banco de Francia), por un equipo dirigido por Michel Julliard, Stéphane Adjemian y Sébastien Villemot.
- Básicamente, Dynare escribe programas en lenguaje Matlab para nosotros. Una vez que estos programas en Matlab han sido creados, se ejecutan directamente en Matlab.

7. Dynare

- Específicamente, Dynare es un pre-procesador para MatLab expresamente diseñado para trabajar con modelos DSGE y modelos OLG. Pero también puede ser utilizado para resolver otros tipos de modelos dinámicos.
- Dynare convierte los ficheros *.mod en ficheros *.m. A partir de un fichero `mymodel.mod`, Dynare escribe en lenguaje Matlab diferentes ficheros, principalmente: `mymodel.m`; `mymodel_static.m`; `mymodel_dynamic.m`
- Dynare resuelve, simula y estima modelos DSGE.
- Estimación de modelos DSGE (Máxima Verosimilitud, Bayesiana, SMM, GMM).

7. Dynare

- Dynare is probably the most widely used computer application for solving and simulating DSGE models, both in the Academy and in economic institutions as central banks, ministries of economy and finance, international organizations and private financial institutions.
- This is because it is very easy to work with. Very simple language and based on Matlab. Little (if any) programming skills in Matlab.
- Dynare cannot write a paper for you but almost!!!! In fact, you don't need to write the equations of the model in Latex, Dynare can do it for you.

7. Dynare

- Principal ventaja: Very little programming skills is required.
Furthermore, close to zero Matlab programming skills required.
- Principal desventaja: Dynare es una caja negra.
- Learning by doing process.

7. Dynare

- Sitio web de Dynare: <http://www.dynare.org>
- In the main menu go to Download. Then select Dynare stable (recommended).
- Last version is 5.2. Download this version (*.exe file) and open the Dynare installation setup. By default, Dynare will be installed in the directory: `c:\dynare\5.2`
- Start Matlab. One option: Type directly in the Matlab command windows: `addpath c:\dynare\5.2\matlab`
- The second option is: Click in the File menu on Set Path. Select Add Folder...(Do not use Add with Subfolders). Select the directory where Dynare is installed and the subfolder matlab. Then select Save. DONE!!!!

7. Dynare

- To run Dynare in Matlab go to the command window.
- In order to give instructions to Dynare, we have to write a text file with extension *.mod. This file will contains the definition of variables and parameters, the equations of the model and the required computing tasks. (Some computers consider the mod file as a video file and Windows Media will try to open it).
- Change the current folder to the one in which you have the Dynare program: A *.mod file (example: `filename.mod`).
- Just type the command in the Matlab command window: `dynare filename`
- BUENA SUERTE!!!!!!!

7. Dynare

- Dynare: Reference Manual Version 5.2. Adjemian et al. (2014)
- Dynare User Guide. Mancini (2008)

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Vamos a resolver el modelo RBC en Dynare:

$$\frac{(1-\gamma)}{\gamma} \frac{C_t}{1-L_t} = W_t$$

$$E_t \frac{C_{t+1}}{C_t} = \beta E_t [R_{t+1} + 1 - \delta]$$

$$R_t = \frac{\alpha A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}}{K_t} = \alpha \frac{Y_t}{K_t}$$

$$W_t = \frac{(1-\alpha) A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}}{L_t} = (1-\alpha) \frac{Y_t}{L_t}$$

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

$$K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t$$

$$C_t + I_t = Y_t$$

$$\ln A_t = (1-\rho_A) \ln \bar{A} + \rho_A \ln A_{t-1} + \varepsilon_t^A, \quad \varepsilon_t^A \sim N(0, \sigma_A^2)$$

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Para poder resolver el modelo en Dynare tenemos que crear un fichero *.mod. Se trata de un fichero de texto que podemos crear en cualquier editor de texto.
- Para ejecutar Dynare, basta escribir `dynare filename` en la ventana de comandos de Matlab.
- Dynare creará programas en lenguaje Matlab *.m y otros ficheros: *.log, *.eps, *.asv;
- Un fichero "mod" contiene una lista de comandos y de bloques. Importante: cada comando y cada elemento de los bloques debe terminar con un punto y coma (;). El significado del ; en Dynare es diferente al que tiene en Matlab.
- Para comentar una línea de código en Dynare usamos el símbolo // (También podemos usar el símbolo % de Matlab). También podemos comentar un conjunto de líneas con los símbolos /* y */
- Los bloques comienzan con el nombre del bloque y terminan con el comando `end`;

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Estructura básica de un programa en Dynare:
 - Definición de las variables endógenas
 - Definición de las variables exógenas
 - Definición de los parámetros
 - Valores iniciales (calibración) de los parámetros
 - Ecuaciones del modelo
 - Cálculo del estado estacionario
 - Definición de shocks
 - Solución, simulación y/o estimación del modelo

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Estructura básica de un programa en Dynare (Bloques):
 - El bloque del modelo
 - El bloque de los valores iniciales
 - El bloque de los valores finales
 - El bloque de los shocks

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Vamos a ver como escribimos en lenguaje Dynare el fichero *.mod para el modelo DSGE que estamos resolviendo (un sistema de 8 ecuaciones para 8 variables endógenas):

$$\begin{aligned}(1 - \gamma) \frac{1}{1 - L_t} &= \gamma \frac{1}{C_t} W_t \\ E_t \frac{C_{t+1}}{C_t} &= \beta E_t [R_{t+1} + 1 - \delta] \\ Y_t &= C_t + I_t \\ Y_t &= A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}\end{aligned}$$

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Las otras cuatro ecuaciones son:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t$$

$$W_t = (1 - \alpha)A_t K_t^\alpha L_t^{-\alpha}$$

$$R_t = \alpha A_t K_t^{\alpha-1} L_t^{1-\alpha}$$

$$\ln A_t = (1 - \rho_A) \ln \bar{A} + \rho_A \ln A_{t-1} + \varepsilon_t^A$$

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Comando `var`: Definición de las variables endógenas.
- `var Y, C, I, K, L, W, R, A;`
- También podemos escribir `var Y C I K L W R A;`
- Podemos usar el comando `var` tantas veces como queramos. Por ejemplo:
 - `var Y C;`
 - `var I, K;`
 - `.....`
 - `var L W;`
- También podemos asignarle su nombre en Latex (para crear un fichero Latex con las ecuaciones del modelo): `var Y Y ;`
- También podemos asignar un nombre completo de la variable usando el comando (`long_name='variablename'`):
 - `var Y Y (long_name='Output');`

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Comando `varexo`: Definición de las variables exógenas.
- `varexo e;`
- Podemos usar tantas veces el comando `varexo` como sea necesario.
- Podemos asignarle el nombre en Latex: `varexo e $\$ \backslash epsilon \$$;`
- En el caso de variables exógenas deterministas podemos usar el comando `varexo_det`. Por ejemplo, `varexo_det tauc;`

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Definición y valores de los parámetros:

- `// Parameters names`
- `parameters alpha, beta, delta, gamma, rho;`
- `// Parameters values`
- `alpha = 0.35;`
- `beta = 0.97;`
- `delta = 0.06;`
- `gamma = 0.40;`
- `rho = 0.95;`

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- A partir de Contabilidad Nacional sabemos que el valor de α está alrededor 0.35. Estimaciones econométricas arrojan valores similares. No obstante, hay importantes diferencias entre países. Véase, por ejemplo, Gollin (2002).¹
- El factor de descuento, β , toma valores en torno a 0.97 para datos anuales y de 0.99 para datos trimestrales (es un parámetro dimensional).
- La tasa de depreciación física del capital, δ , se obtiene de las bases de datos de stock de capital, con un valor en torno al 6% anual o del 2.5% trimestral.
- El parámetro de preferencias γ puede ser calculado como la ratio de horas trabajadas sobre el total de tiempo disponible.
- El parámetro autorregresivo para la Productividad Total de los Factores, se fija habitualmente en 0.95 para datos trimestrales, pero se puede estimar directamente a partir del proceso AR(1).

¹Gollin, D. (2002): Getting income shares right. *Journal of Political Economy*, 110, 458-474.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Para escribir el modelo en código Dynare primero tenemos que resolver a mano las condiciones de primer orden. En el modelo RBC que estamos resolviendo, tenemos cinco condiciones de primer orden (cuatro cuando resolvemos para el multiplicador de Lagrange, que representa el precio sombra del consumo):
 - Empleo
 - Consumo
 - Salario
 - Tipo de interés
- Adicionalmente tenemos otras dos ecuaciones estáticas:
 - Producción
 - Inversión
- La ecuación de acumulación del stock de capital.
- Y finalmente, el proceso estocástico para la Productividad Total de los Factores.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Las ecuaciones del modelo pueden ser escritas en Dynare de tres formas diferentes:
 - Ecuaciones en niveles
 - En forma logarítmica-exponencial
 - En forma lineal (aproximación de primer orden)
- Dynare usa Schmitt-Grohe y Uribe (2004) para calcular las aproximaciones de primer y segundo orden al modelo.²

²Schmitt-Grohe, S. y Uribe, M. (2004: Solving dynamic general equilibrium models using a second-order approximation to the policy function. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28, 755-775.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Las ecuaciones del modelo se introducen dentro del bloque "model". Este bloque comienza con el comando `model`; (después las ecuaciones), y termina con el comando `end`;
- Los subíndices de tiempo se introducen de la siguiente manera:
 - $X_t \implies X$
 - $E_t X_{t+1} \implies X(+1)$
 - $X_{t-1} \implies X(-1)$
- Todas las variables conocidas en el periodo t deben ser asignadas al periodo $t - 1$. Por ejemplo, K_t sería el stock de capital determinado para el periodo t , mientras que K_{t-1} sería el stock de capital disponible al principio del periodo t .
- Una variable con $(+1)$ le indica a Dynare que es una expectativa condicionada.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Ecuaciones del modelo:
 - // Model Block
 - model;
 - $C = (\text{gamma}/(1-\text{gamma}))*(1-L)*(1-\text{alpha})*Y/L;$
 - $1 = \text{beta}*((C/C(+1))*(R(+1)+(1-\text{delta})));$
 - $Y = A*(K(-1)^\text{alpha})*(L^(1-\text{alpha}));$
 - $K = (1-\text{delta})*K(-1)+I;$
 - $I = Y-C;$
 - $W = (1-\text{alpha})*A*(K(-1)^\text{alpha})*(L^(-\text{alpha}));$
 - $R = \text{alpha}*A*(K(-1)^\text{alpha}-1)*(L^(1-\text{alpha}));$
 - $\log(A) = \text{rho}*\log(A(-1))+ e;$
 - end;

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- **El esquema temporal de las variables predeterminadas:** Esto es importante. Para las variables stock, habitualmente se usa el concepto de "stock al final del periodo" a nivel computacional, frente al concepto teórico de "stock al principio del periodo".
- En el modelo teórico la ecuación de acumulación de capital vendría dada por:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t$$

- Sin embargo, en el código escribiríamos:

$$K = (1 - \text{delta}) * K(-1) + I$$

- Es decir, el stock de capital de un periodo fue decidido en el periodo anterior. La inversión no puede desaparecer en cada periodo y simplemente reaparecer de nuevo en el siguiente periodo.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- **El esquema temporal de las variables predeterminadas:** Esto es importante. Para las variables stock, habitualmente se usa el concepto de "stock al final del periodo" a nivel computacional, frente al concepto teórico de "stock al principio del periodo".
- La función de producción del modelo teórico se escribe como:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

- Sin embargo, en el código tenemos que escribirla como:

$$Y = A * K^{(-1)^{\alpha}} * L^{(1 - \alpha)}$$

- Esto es, el stock de capital que se usa en la producción del periodo actual es el stock de capital acumulado hasta el periodo anterior.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Esto es, a nivel teórico tenemos:

$$(1 - \gamma) \frac{1}{1 - L_t} = \gamma \frac{1}{C_t} W_t$$

$$\frac{C_t}{C_{t-1}} = \beta [R_t + 1 - \delta]$$

$$Y_t = C_t + I_t$$

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

$$K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t$$

$$W_t = (1 - \alpha) A_t K_t^\alpha L_t^{-\alpha}$$

$$R_t = \alpha A_t K_t^{\alpha-1} L_t^{1-\alpha}$$

$$\ln A_t = (1 - \rho_A) \ln \bar{A} + \rho_A \ln A_{t-1} + \varepsilon_t^A$$

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Pero, a efectos computacionales el modelo es:

$$(1 - \gamma) \frac{1}{1 - L_t} = \gamma \frac{1}{C_t} W_t$$

$$\frac{C_{t+1}}{C_t} = \beta [R_{t+1} + 1 - \delta]$$

$$Y_t = C_t + I_t$$

$$Y_t = A_t K_{t-1}^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

$$K_t = (1 - \delta) K_{t-1} + I_t$$

$$W_t = (1 - \alpha) A_t K_{t-1}^\alpha L_t^{-\alpha}$$

$$R_t = \alpha A_t K_{t-1}^{\alpha-1} L_t^{1-\alpha}$$

$$\ln A_t = (1 - \rho_A) \ln \bar{A} + \rho_A \ln A_{t-1} + \varepsilon_t^A$$

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- **predetermined_variables**: Este es un comando particular de dynare que nos permite escribir las ecuaciones del modelo en el código con el mismo esquema temporal de las ecuaciones teóricas.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Bloque de los valores iniciales, `initval`: Debemos indicar la solución tentativa para inicial el algoritmo de cálculo del estado estacionario.
 - `// Initial values`
 - `initval;`
 - `Y = 1;`
 - `C = 0.8;`
 - `L = 0.3;`
 - `K = 3.5;`
 - `I = 0.2;`
 - `W = (1-alpha)*Y/L;`
 - `R = alpha*Y/K;`
 - `A = 1;`
 - `e = 0;`
 - `end;`

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Los valores iniciales pueden fijarse de diferentes formas. Ejemplos:
 - El consumo y la inversión son proporciones de la producción. Observando los datos, podemos esperar que el consumo sea alrededor del 80% de la producción total y el restante 20% corresponda a inversión.
 - Observando los datos, podemos esperar que el número de horas trabajadas sea alrededor de 1/3 del total de horas disponibles (\simeq 35-40 horas a la semana sobre una semana de $16 \times 6 = 96$ hours).
 - Dado $\delta = 0.06$, el stock de capital sería $0.2 \times Y / 0.06$, esto es, alrededor de 3.3 veces el nivel de producción.
 - Dado $\alpha = 0.35$ y $A = 1$, la producción total sería,

$$Y = (3.3 \times Y)^{0.35} 0.3^{0.65} = (1.518 \times 0.457)^{1/0.65} = 0.57$$

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Cálculo del estado estacionario en Dynare. Este es un paso muy importante y necesario para resolver un modelo DSGE.
- Solo hay que usar el comando:
 - `steady;`
- Independientemente de que usemos este comando, Dynare escribirá la versión estática del modelo, eliminando los subíndices de tiempo y fijando $\sigma_A = 0$.
- Este es un paso que a veces resulta complicado, dado que hay que resolver un sistema no lineal. Por este motivo, es importante tener buenas condiciones iniciales. Dynare usa los valores del bloque `initval` como la solución tentativa para iniciar el algoritmo para calcular el estado estacionario.
- Métodos alternativos, como usar las expresiones de estado estacionario.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Checking the uniqueness of the steady state. Blanchard-Khan (1980) rank condition³
- To compute the eigenvalues of the model:
 - check;
- Dynamic stability of the system. Necessary rank condition: The number of eigenvalues outside the unit circle must be equal to the number of forward-looking variables.

³Blanchard, O.J. and Kahn, C.M. (1980): The solution of linear difference models under rational expectations. *Econometrica*, 48(5), 1305-1212.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Análisis de shocks (aleatorios). En el caso de perturbaciones estocásticas, tenemos que usar el bloque de shocks. Este bloque comienza con el comando `shocks`; y termina con el comando `end`;
- En este bloque definimos la perturbación o perturbaciones que queremos simular, indicando su varianza y covarianza:
 - `// Shocks Block`
 - `shocks`;
 - `var e`;
 - `stderr 0.01`;
 - `end`;
- La covarianza entre dos shocks se define como:
 - `var e1 e2 = 0.001`;

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- El último paso consiste en resolver y simular el modelo. Dynare puede realizar simulaciones estocásticas o deterministas.
- Para simulaciones estocásticas usamos el comando `stoch_simul;`
- Para simulaciones deterministas usamos el comando `simul;`
- Dynare dispone de un elevado número de opciones.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Modelo DSGE básico.
- Fichero: modelo1.mod
- Shock en la Productividad Total de los Factores.
- Simplemente hay que escribir `dynare modelo1` en la ventana de comandos de Matlab.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- En el caso de una simulación estocástica, vamos a obtener en Matlab a siguiente información:
 - STEADY-STATE
 - EIGENVALUES (rank condition)
 - MODEL SUMMARY (number of variables, number of stochastic shocks, number of state variables, number of jumpers and number of static variables)
 - MATRIX OF COVARIANCE OF EXOGENOUS SHOCKS
 - POLICY AND TRANSITION FUNCTIONS
 - THEORETICAL MOMENTS (mean, standard deviation and variance)
 - MATRIX OF CORRELATION
 - COEFFICIENT OF AUTOCORRELATION
 - GRAPHS: IMPULSE RESPONSE FUNCTIONS

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Modelos DSGE versus modelos DGE: La diferencia entre ambos modelos es si los shocks futuros son conocidos o no.
- En un modelo determinista, todos los shocks futuros que afectarán a la economía son conocidos en el momento en el que los agentes económicos toman sus decisiones.
- En un modelo estocástico, solo es conocida la distribución de todos los shocks futuros.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Existe una relación entre el comando `steady` y el bloque `initval`. Si el bloque `initval` no viene seguido del comando `steady`, tanto la simulación estocástica como la estimación calcularán el estado estacionario. En el caso de una simulación determinista, los valores del bloque serán usados como los valores solución tentativos para las variables endógenas en lugar de sus valores de estado estacionario.
- `initval`: Valores iniciales (semilla), para los algoritmos de solución no-lineales. A partir de estos valores, el ordenador comienza a ejecutar un algoritmo tipo Newton-Raphson para calcular el estado estacionario.
- Comando `resid`; Calcula los residuos de cada ecuación dados los valores iniciales.
- Importante: Si una variable no se incluye en el bloque `initval`, Dynare asume que su valor es cero.

8. El modelo DSGE canónico en Dynare

- Bloque `endval`. Solo en el caso de modelos deterministas.
- Con este bloque indicamos las condiciones finales para todos los periodos a partir del último periodo de la simulación.
- Adicionalmente, este bloque también indica los valores iniciales para el algoritmo aplicado por el comando `simul`.
- Si el bloque `endval` viene seguido del comando `steady`, entonces Dynare usa los valores de las variables endógenas como valores iniciales para la solución, dados los valores de las variables exógenas en el bloque `endval`.
- Si el bloque `endval` no viene seguido de un bloque `shocks`, Dynare considera que las variables se mueven a los valores indicados por el bloque `endval` y permanecen en dicho valor para siempre.