

## Trabajo Final

Como se ha estudiado en la asignatura, en el control adaptativo predictivo, el mecanismo adaptativo utiliza un algoritmo de regresión que permite mejorar el modelo del proceso empleado para realizar los cálculos de las acciones de control predictivo. Un esquema de este tipo permite, por ejemplo, controlar procesos cuya dinámica se conoce sólo con un alto grado de incertidumbre o es variable con el tiempo. La elección del algoritmo de regresión para incluir en un controlador adaptativo predictivo está condicionada por diferentes requisitos. Por ejemplo, resultará muy deseable que el algoritmo se pueda ejecutar de forma recursiva, y así evitar tener que almacenar valores pasados de las variables de entrada-salida para usar cuando, con cada nueva medida, el modelo sea actualizado.

Como trabajo final de la asignatura se pide, en primer lugar, establecer todos los requisitos que, en su opinión, debe tener un algoritmo de regresión para poder ser empleado como mecanismo adaptativo en un controlador adaptativo predictivo. A continuación, basándose en los requisitos previamente establecidos, recopilar, presentar y comparar en una memoria un conjunto de algoritmos existentes que, a su juicio, puedan considerarse para su uso en controladores de procesos que operen según un esquema del tipo adaptativo predictivo.

La memoria deberá entregarse en formato PDF y se recomienda que su extensión no supere las quince páginas.

### Problema 1 (4 puntos)

Dado un proceso con función de transferencia

$$\frac{0,2z}{z^2 - 1,12z + 0,22}$$

y un controlador adaptativo predictivo con modelo inicial

$$a_1 = 1 \quad a_2 = -0,2 \quad b_1 = 0,1 \quad b_2 = 0,1;$$

y estrategia básica inicialmente en equilibrio en el origen, obtenga las cinco primeras acciones de control tras aplicar un escalón unitario en su consigna, si su trayectoria deseada se describe por una dinámica de primer orden con un polo en 0,7.

### Problema 1 (4 puntos)

Considere el proceso descrito por la ecuación en diferencias

$$y(k+1) = y(k) - 0,3y(k-1) + 0,01u(k) + 0,01u(k-1)$$

y la trayectoria deseada definida por dos polos de valores 0,4 y 0,6 y un cero igual a  $-1$ .

Estando el proceso en equilibrio en el origen se aplica, en el instante  $k = 0$ , un cambio de consigna de cero a uno en la entrada del bloque conductor. Calcule las tres primeras acciones de control predictivo aplicando la estrategia básica de control predictivo sin adaptación y teniendo en cuenta que el controlador considera un límite incremental en dicha acción de control de valor 20.

**Problema 1** (4 puntos)

Se cree que la evolución del tamaño de una población de bacterias puede describirse mediante el modelo de crecimiento

$$n(k) = n(k-1) - 0,2n(k-2) + 20t(k-1) + 10h(k-1) + 10h(k-2)$$

donde  $n$  es el número de individuos,  $t$  es la temperatura ambiente en grados centígrados y  $h$  es la humedad relativa en tanto por ciento.

Estando la población estabilizada en 10000 individuos a 25 °C, la humedad relativa se reduce bruscamente en un 2% en el instante  $k = 0$ . En los instantes sucesivos, se observa la siguiente evolución en el tamaño de la población:

$$\{9405, 8792, 8328, 8018, 7823\}$$

Utilice la secuencia observada para mejorar, en cada instante, el modelo de crecimiento empleado.

**Cuestión 2** (2 puntos)

En la estrategia extendida de control predictivo, la función de coste:

$$J_k = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{\lambda} Q_j [\hat{y}(k+j|k) - y_r(k+j|k)]^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=0}^{\lambda-1} R_j \hat{u}(k+j|k)^2$$

permite formular un criterio de rendimiento para la elección de la acción de control  $\hat{u}(k)$ .

- Describa el papel que juega cada una de las variables y coeficientes que aparecen en la ecuación anterior y razone cuáles y cuáles no son parámetros de diseño de un controlador predictivo.
- Describa brevemente el proceso por el que, a partir de la ecuación anterior, se determina la acción de control en un controlador predictivo.

**Problema 1** (4 puntos)

Dado un proceso inicialmente en equilibrio en el origen y descrito por los parámetros

$$a_1 = 1,2008, \quad a_2 = -0,5134, \quad b_1 = 0,1738, \quad b_2 = 0,1388,$$

y un modelo adaptativo con parámetros iniciales

$$\hat{a}_1 = 1, \quad \hat{a}_2 = -0,2, \quad \hat{b}_1 = 0,1, \quad \hat{b}_2 = 0,1$$

calcule la evolución de los parámetros del modelo ante la entrada al proceso

$$\{20, 30, 15, 60, 50, 50\}$$

**Problema 1** (4 puntos)

Dado el proceso descrito por la ecuación en diferencias

$$y(k+1) = y(k) - 0,2y(k-1) + 0,6u(k) + u(k-1)$$

y la trayectoria de referencia definida por

$$\alpha_1 = 1, \quad \alpha_2 = -0,2, \quad \beta_1 = \beta_2 = 0,1$$

Estando el proceso en equilibrio en el origen, se aplica, en el instante  $k = 0$ , un cambio de consigna de cero a uno en la entrada del bloque conductor. Calcule:

- El valor de la trayectoria deseada proyectada en el instante  $k = 0$  para los instantes futuros  $k = 1, 2, 3, 4$ .
- El valor de la acción de control predictivo en los instantes  $k = 1, 2, 3$  aplicando la estrategia básica de control predictivo.
- El valor de la acción de control predictivo en los instantes  $k = 1, 2, 3$  aplicando la estrategia extendida de control predictivo con  $\lambda = 2$ .

**Problema 1** (4 puntos)

Dado un proceso inicialmente en equilibrio en el origen y descrito por los parámetros

$$a_1 = 1, 2, \quad a_2 = -0, 5, \quad b_1 = 0, 17, \quad b_2 = 0, 13,$$

y un modelo adaptativo con parámetros iniciales

$$\hat{a}_1 = 1, \quad \hat{a}_2 = -0, 2, \quad \hat{b}_1 = 0, 1, \quad \hat{b}_2 = 0, 1$$

calcule la evolución de los parámetros del modelo ante la entrada al proceso

$$\{2, 3, 7, 6, 5, 5\}$$

**Problema 1** (4 puntos)

Dado un proceso con función de transferencia

$$\frac{0, 2z}{z^2 - 1, 12z + 0, 22}$$

y un controlador adaptativo predictivo con modelo inicial

$$a_1 = 1 \quad a_2 = -0, 2 \quad b_1 = 0, 1 \quad b_2 = 0, 1;$$

y estrategia básica inicialmente en equilibrio en el origen, obtenga las cinco primeras acciones de control tras aplicar un escalón unitario en su consigna, si su trayectoria deseada se describe por una dinámica de primer orden con un polo en 0,8.

**Cuestión 1** (3 puntos)

Dados la ley de control predictivo

$$u(z) = \frac{y_r(z) - \hat{E}_\lambda(z^{-1})y(z)}{\hat{G}_\lambda(z^{-1})}$$

y el criterio para la generación de la trayectoria de referencia  $y_r$  cuando no se consideran cambios futuros de consigna dentro del horizonte de predicción  $\lambda$

$$y_r(z) = \Phi_\lambda(z^{-1})y(z) + \Delta_\lambda(z^{-1})y_{sp}(z)$$

obtenga:

- La función de transferencia del lazo cerrado.
- Una condición necesaria y suficiente para la estabilidad del proceso bajo control. ¿De qué factores depende dicha estabilidad?

**Problema 1** (4 puntos)

Dado un proceso inicialmente en equilibrio en el origen y descrito por los parámetros

$$a_1 = 1, 2008, \quad a_2 = -0, 5134, \quad b_1 = 0, 1738, \quad b_2 = 0, 1388,$$

y un modelo adaptativo con parámetros iniciales

$$\hat{a}_1 = 1, \quad \hat{a}_2 = -0, 2, \quad \hat{b}_1 = 0, 1, \quad \hat{b}_2 = 0, 1$$

calcule la evolución de los parámetros del modelo ante la entrada al proceso

$$\{20, 30, 15, 60\}$$

**Problema 1** (4 puntos)

Dado un proceso inicialmente en equilibrio en el origen y descrito por la función de transferencia

$$\frac{0,15z + 0,1}{z^2 - 1,25z + 0,55}$$

y un modelo adaptativo con parámetros iniciales

$$\hat{a}_1 = 1; \quad \hat{a}_2 = -0,2; \quad \hat{b}_1 = 0,1; \quad \hat{b}_2 = 0,1$$

calcule la evolución de los parámetros del modelo ante la entrada al proceso

$$\{0, 0, 0, 10, -10, 0\}$$

**Problema 1** (4 puntos)

Dado el proceso descrito por la ecuación en diferencias

$$y(k+1) = y(k) - 0,2y(k-1) + 0,6u(k) + u(k-1)$$

y la trayectoria de referencia definida por

$$\alpha_1 = 1, \quad \alpha_2 = -0,2, \quad \beta_1 = \beta_2 = 0,1$$

Estando el proceso en equilibrio en el origen, se aplica, en el instante  $k = 0$ , un cambio de consigna de cero a uno en la entrada del bloque conductor. Calcule:

- El valor de la trayectoria deseada proyectada en el instante  $k = 0$  para los instantes futuros  $k = 1, 2, 3, 4$ .
- El valor de la acción de control predictivo en los instantes  $k = 1, 2, 3$  aplicando la estrategia básica de control predictivo.
- El valor de la acción de control predictivo en los instantes  $k = 1, 2, 3$  aplicando la estrategia extendida de control predictivo con  $\lambda = 2$ .

**Cuestión 2** (2 puntos)

El comportamiento dinámico de un proceso, cuando el periodo de control es igual a un segundo, puede representarse mediante la siguiente ecuación:

$$y(k+1) = 0,9y(k) + 0,1u(k)$$

Obtenga la ecuación que representaría el comportamiento dinámico de ese mismo proceso si el periodo de control fuera igual a dos segundos.

**Cuestión 2** (2 puntos)

Dado el modelo descrito por la siguiente ecuación:

$$y(k+1) = y(k) - 0,2y(k-1) + 0,08u(k) + 0,12u(k-1)$$

- (a) Obtenga los polos y los ceros de su función de transferencia.
- (b) ¿Qué puede decirse acerca de su naturaleza en términos de estabilidad?

**Cuestión 3** (2 puntos)

Dado el proceso descrito por la siguiente ecuación en diferencias

$$y(k) = a_1y(k-1) + a_2y(k-2) + b_1u(k-1) + b_2u(k-2)$$

y el filtro de primer orden aplicado sobre la variable de salida  $y(k)$  definido por la ecuación

$$y_f(k) = Fy_f(k-1) + (1-F)y(k)$$

calcule la función de transferencia del conjunto formado por el proceso y el filtro.