Identificarea Sistemelor – Laborator 9
Metoda variabilelor instrumentale

Organizare

- Acest laborator se rezolvă independent de către fiecare student. Doar dacă există mai mulţi studenţi decât calculatoare, studenţii se pot grupa câte doi la un calculator.
- Soluţia constă din cod Matlab. Codul va fi verificat şi rulat de către profesor, în timpul laboratorului, şi prezenţa la laborator va fi validată doar dacă aveţi o soluţie funcţională şi originală. Prezenţele la toate laboratoarele trebuiesc validate pentru eligibilitate la examen. Cum cel mult două laboratoare se pot recupera la sfârşitul semestrului, acumularea a trei sau mai multe laboratoare lipsă la orice moment de timp duce automat la pierderea finală a eligibilităţii.
- Discutarea ideilor între studenţi este permisă şi chiar de dorit, dar copierea sau schimbul direct de cod este interzis. Încălcarea acestei reguli va duce la invalidarea soluţiei.

Descrierea laboratorului

Vom studia în acest laborator metoda variabilelor instrumentale (VI), vezi Partea 8 din materialul de curs, *Metoda variabilelor instrumentale. Identificarea în buclă închisă.*

Fiecărui student i se alocă de către profesor un index pentru setul de date. Apoi, studentul descarcă fişierul Matlab ce formează baza laboratorului de pe pagina cursului:
`http://busoniu.net/teaching/sysid2018/index_ro.html`

Fişierul conţine datele de identificare în variabila `id`, şi separat datele de validare în variabila `val`. Se ştie în avans că ordinul sistemului este n, dat în variabila `n` din fişierul de date, şi că perturbaţia nu este zgomot alb, ci este colorată. Toate ordinele polinoamelor din modelele de mai jos trebuie alese în concordanţă cu această valoare a lui n.

În prima parte a laboratorului, vom implementa metoda VI cu instrumente arbitrare, generate printr-o funcţie de transfer în timp discret:

$$x(k) = \frac{D(q^{-1})}{C(q^{-1})}u(k)$$

De exemplu, dacă $C(q^{-1}) = 1 + 0.5q^{-1}$ şi $D = 0.1q^{-1}$, atunci VI sunt calculate prin simularea $x(k) = -0.5x(k-1) + 0.1u(k-1)$. Pentru a rezolva problema de identificare eficient în Matlab, va fi util să rescriem sistemul de ecuaţii din metoda VI într-o formă rezolvabilă prin împărţirea la stânga matriceală (operatorul $\backslash$). În acest scop, pornim de la ecuaţia (8.3) din materialul de curs şi o scriem sub forma:

$$\left[\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} Z(k)\varphi^T(k)\right]\theta = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} Z(k)y(k)$$

$$\text{sau echivalent: } \tilde{\Phi}\theta = \tilde{Y}$$

unde $\tilde{\Phi} = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} Z(k)\varphi^T(k)$ este o matrice $n \times n$ şi $\tilde{Y} = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} Z(k)y(k)$ este un vector $n \times 1$. De notat tildele, care înseamnă că aceste elemente sunt variante ale regresilor ARX şi ale ieşirilor originale ale sistemului, "modificate" de către VI. Sarcina dvs. este să implementaţi algoritmul într-o funcţie care primeşte la intrare setul de date de identificare, ordinele modelului na şi nb, şi polinoamele C şi D ca vectori de coeficienţi în ordinea crescătoare a puterilor lui q^{-1}; şi care produce la ieşire modelul de tip VI găsit, în formatul `idpoly`.

Cerinţe:

- Identificaţi un model ARX cu ordinele $na = nb = n$ şi studaţi-i calitatea. Puteţi folosi funcţia Matlab `arx` sau codul dvs. de la laboratorul de ARX.
- Aplicaţi metoda VI cu variabilele instrumentale simple:

$$Z(k) = [u(k - nb - 1), \dots u(k - na - nb), u(k - 1), \dots, u(k - nb)]^T$$

  folosind funcţia dvs. cu polinoamele alese corespunzător: $C(q^{-1}) = 1$ şi $D(q^{-1}) = -q^{-nb}$.
- Aplicaţi metoda VI cu variabilele instrumentale:

$$Z(k) = [-\hat{y}(k - 1), \dots, -\hat{y}(k - na), u(k - 1), \dots, u(k - nb)]^T$$

  unde ieşirile $\hat{y}$ sunt cele ale modelului ARX găsit anterior. Folosiţi din nou funcţia dvs. dar alegeţi C şi D din modelul ARX. Comparaţi rezultatele cu cele obţinute de către modelul ARX, şi cu variabilele simple.
- Repetaţi cele două puncte anterioare cu funcţia Matlab deja furnizată `iv`, şi verificaţi că obţineţi rezultate similare celor ale funcţiei dvs. (datorită unor detalii algoritmice s-ar putea să nu fie identice). Alegeţi $nk = 1$ în `iv`.

Funcţii relevante din toolbox-ul de identificare a sistemelor: `arx`, `iv`, `compare`. Indicii: (i) Construiţi $\tilde{\Phi}$ şi $\tilde{Y}$ eficient, prin adunarea de termeni calculaţi matriceal în Matlab. (ii) După ce aveţi polinoamele A şi B ca vectori de coeficienţi în ordinea crescătoare a puterilor lui q^{-1}, folosiţi `idpoly(A, B, [], [], [], 0, Ts)` pentru a genera modelul VI, unde `Ts` este perioada de eşantionare. (iii) Nu uitaţi că toţi vectorii de coeficienţi din polinoame trebuie să conţină întotdeauna coeficienţii constanţi (pentru puterea 0 a argumentului q^{-1}), care trebuie să fie 1 în C şi A, şi 0 în B.