Identificarea Sistemelor – Laborator 9
Metoda variabilelor instrumentale

- Acest laborator este parte obligatorie a cursului de Identificarea Sistemelor. Laboratorul se rezolvă independent de către fiecare student.
- Soluţia constă din cod Matlab. Codul va fi verificat şi rulat de către profesor pentru a vă lua în considerare prezenţa la laborator. Vom efectua această verificare pe cât posibil în timpul laboratorului, împreună cu dvs. Scrieţi în orice caz codul de o manieră clară, adăugând comentarii acolo unde este necesar, pentru a-l face inteligibil şi în lipsa explicaţiilor verbale. La sfârşitul laboratorului trimiteţi codul profesorului prin email (Zoltán Nagy la `zoltan.nagy@aut.utcluj.ro`, sau Marius Costandin la `marius.costandin@aut.utcluj.ro`) sub forma unui fişier .m sau într-o arhivă ZIP, folosind următorul format pentru numele de fişier:
  `is_labN_indexINDEX_NUME`
  unde N este numărul laboratorului, INDEX este indexul setului de date, vezi mai jos; şi NUME este numele dvs. de familie. Vă rugăm să *includeţi acest nume de fişier şi în subiectul emailului.*
- 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/sysid2017/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 eficient în Matlab, va fi util să rescriem sistemul de ecuaţii din metoda VI într-o formă rezolvabilă prin împărţirea la stânga matriceală (operatorul \). 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.
- 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`.
- Aplicaţi metoda VI cu variabile instrumentale alese automat, folosind `iv4`. Comparaţi rezultatele cu cele obţinute anterior.

Funcţii relevante din toolbox-ul de identificare a sistemelor: `arx`, `iv`, `iv4`, `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 (puterea 0 a argumentului q^{-1}), care trebuie să fie 1 în C şi A, şi 0 în B.