



Peta laboratorijska vježba

Parametarski postupci identifikacije

Ime i prezime:

JMBAG:

UVODNE NAPOMENE

- **Svrha vježbe**

Ovladati jednostavnim nerekurzivnim i rekurzivnim parametarskim metodama za identifikaciju sustava.

- **Priprema**

Ova vježba izvodi se u MATLAB-u. U prvom zadatku odabire se pobudni signal za proces identifikacije i određuju referentni parametri modela za validaciju korištenih postupaka. U drugom zadatku identificira se vremenski nepromjenjivi model jednomasenog mehaničkog sustava pomoću nerekurzivne metode identifikacije. Isti sustav, ovoga puta s vremenski promjenjivim parametrima, identificira se korištenjem rekurzivne metode u trećem zadatku. Uz vježbu dobivate dodatne materijale koji se sastoje od MATLAB funkcija, skripti te Simulink modela sustava.

Proučite poglavlje predavanja o parametarskim postupcima identifikacije ((ne)rekurzivna metoda najmanjih kvadrata, (ne)rekurzivna metoda pomoćnih varijabli). Proučite dodatne materijale koji su vam dani i upoznajte se sa sustavima koje ćete identificirati.

- **Inačica MATLAB-a u kojoj su dodatne MATLAB datoteke izrađene:**

7.5.0 (R2010b i R2014a)

- **MATLAB toolboxi potrebni za vježbu:**

Simulink

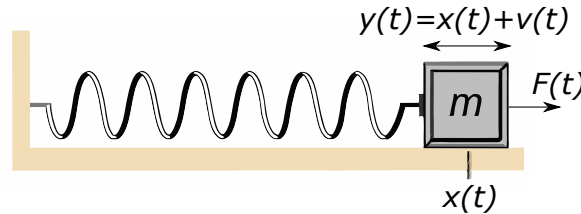
- **Korisne MATLAB funkcije:**

help, bodeplot, plot, subplot, xcorr, tf, c2d, idinput, lsim, stepinfo, pzmap

Uz upute priloženo je:

- `inicijalizacija.m` - skripta koju je potrebno **nadopuniti** i **pokrenuti** da bi se upisali parametri kontinuiranog modela te parametri m-impulsnog slijeda koji se koristi za pobudu procesa;
- `model_zad2.m` - simulink model korišten u drugom zadatku;
- `LSmetoda.m` - funkcija za parametarsku identifikaciju sustava korištenjem metode najmanjih kvadrata;
- `model_zad3.m` - simulink model korišten u trećem zadatku;
- `model_sfun.m` - S-funkcija u kojoj je implementiran model jednomasenog mehaničkog sloga za treći zadatak. U istoj je funkciji implementirana i promjena parametara modela koja se događa u 300. sekundi simulacije.
- `riv_sfun.m` - S-funkcija rekurzivne metode pomoćnih varijabli koju je potrebno nadopuniti.

RAD NA VJEŽBI

**ZADATAK 1 : Jednomaseni mehanički slog**

Slika 1: Jednomaseni elektromehanički slog.

- a) Uz upute priložena je skripta `inicijalizacija.m`, koja sadrži parametre kontinuiranog modela jednomasenog mehaničkog sloga i koju je potrebno nadopuniti, te pripadajući simulink modeli `model_zad2.mdl` i `model_zad3.mdl`.

Odredite parametre m-impulsnog slijeda prema preporukama s predavanja. Graničnu frekvenciju odredite kao frekvenciju na kojoj sustav ima prigušenje 3dB u odnosu na pojačanje sustava u stacionarnom stanju (koristite naredbu `bodeplot`) i odredite t_{95} iz prijelazne funkcije sustava. Amplitudu pobudnog signala odredite tako da pomak mase od ravnotežnog položaja u eksperimentu ne premašuje 0.1 m.

Upišite parametre PRBS signala korištenog u eksperimentu:

0.3078

$$\Delta t[s] = \mathbf{0.3078}, \quad N = \quad, \quad c[N] = \quad.$$

- b) Diskretizirajte kontinuirani sustav, korišten u modelu `model_zad2.mdl`, ZOH metodom uz $T_s = \Delta t$. Upišite vrijednosti vektora parametara diskretiziranog modela $\Theta = [a_1, a_2, b_1, b_2]^T$:

$$a_1 = \mathbf{0.3876}; \quad a_2 = \quad; \quad b_1 = \quad; \quad b_2 = \quad.$$

**ZADATAK 2 : Identifikacija sustava jednomasenog mehaničkog sloga pomoću nerekurzivnih parametarskih postupaka**

Za estimaciju parametara modela u zadatku se koristi nerekurzivna metoda najmanjih kvadrata. Vrijeme simulacije u Simulink modelu `model_zad2.mdl` postavite na 10 perioda pobude određene u zadatku 1.

- a) Nadopunite priloženu funkciju `LSmetoda.m` tako da ostvaruje funkcionalnost metode najmanjih kvadrata. Nadopunjenu funkciju (.m file) priložite kao prilog ovom pdf dokumentu na ovom mjestu **LSmetoda.m**.
- b) U Simulink modelu `model_zad2.mdl` implementirano je da se pri svakom pokretanju simulacije uzorak smetnje realizira slučajno. Potrebno je napraviti $N_{sim} = 100$ simulacija, u kojima smetnja djeluje na izlazu kontinuiranog sustava, te svaki put estimirati parametre. Parametri $\hat{\Theta}_i = [\hat{a}_{1,i}, \hat{a}_{2,i}, \hat{b}_{1,i}, \hat{b}_{2,i}]^T$ određuju se metodom najmanjih kvadrata gdje $i = 1, \dots, N_{sim}$ predstavlja indeks simulacije. Odredite očekivanje vektora parametara:

$$\hat{\Theta}_{LS} = \frac{1}{N_{sim}} \sum_{i=1}^{N_{sim}} \hat{\Theta}_i. \quad (1)$$

Upišite estimirane parametre $\hat{\Theta}_{LS}$:

$$\hat{a}_1 = \quad ; \quad \hat{a}_2 = \quad ; \quad \hat{b}_1 = \quad ; \quad \hat{b}_2 = \quad .$$

Prikažite 2D graf koji na apscisi ima parametar a_1 , a na ordinati parametar a_2 . Potrebno je na grafu prikazati stvarne parametre diskretiziranog sustava crvenom bojom, svih 100 parametara koji su dobiveni u svakom koraku simulacije plavom bojom, te parametre koji se dobiju proračunom očekivane vrijednosti zelenom bojom. Graf priložite na ovom mjestu **Slika _1**.

Izračunajte pomak (B_{LS}) estimiranih podataka kao euklidsku udaljenost vektora stvarnih parametara od vektora očekivanja parametara estimiranih metodom najmanjih kvadrata:

$$B_{LS} = \|\Theta - \hat{\Theta}_{LS}\|_2. \quad (2)$$

Upišite iznos pomaka:

$$B_{LS} = \quad .$$

- c) Nacrtajte autokorelacijsku funkciju izlazne greške ARX modela $R_{ee}(\tau)$ i sliku priložite ovdje **Slika _2**. Sliku međukorelacijske funkcije $R_{ye}(\tau)$ priložite ovdje **Slika _3**, a funkcije $R_{ue}(\tau)$ ovdje **Slika _4**.
- d) Što je uzrok pomaka u podzadatku b)? Smetnja koja djeluje na izlazu kontinuiranog sustava je bijeli šum, vrijedi li to i za smetnju ARX modela? Koja smetnja djeluje u ARX modelu ako na izlazu kontinuiranog sustava djeluje bijeli šum ε (eksplicitno izraziti)? Obrazložite:
- d) Kakav rezultat estimacije parametara determinističkog dijela modela očekujete ako se za estimaciju koristi metoda najmanjih kvadrata i ARMAX model. Kako biste definirali polinom C modela za identifikaciju parametara bez pomaka te kojoj formi modela odgovara takav odabir polinoma C ? Obrazložite:



ZADATAK 3 : Identifikacija sustava jednomasenog mehaničkog sloga pomoću rekurzivnih parametarskih postupaka

Za uklanjanje pomaka u estimaciji parametara će se u ovom zadatku koristiti rekurzivna metoda pomoćnih varijabli. Vrijeme simulacije u Simulink modelu `model_zad3.mdl` postavite na 600 sekundi.

- a) Funkciju `riv_sfun.m` potrebno je nadopuniti na naznačenom mjestu. Funkcija treba ostvarivati rekurzivnu metodu pomoćnih varijabli koja estimira parametre ARX modela $\Theta = [a_1, a_2, b_1, b_2]^T$. Za početni vektor parametara pomoćnog modela uzmite $\Theta_0 = [1, 0, 0, 0]^T$.

Potrebno je ostvariti verziju bez faktora zaboravljanja i s faktorom zaboravljanja. Priložite sljedeće:

- nadopunjenu funkciju `riv_sfun.m`.
- graf na kojem se vidi stvarni parametar a_1 te estimirani parametar bez faktora zaboravljanja i s faktorom zaboravljanja (sve na istom grafu). Pazite da se na grafu svi podaci vide, te da se dobro vidi ponašanje estimata u blizini stvarnih parametara (promijenite debljinu linija ako je potrebno). Na grafovima naznačite koliki je iznos faktora zaboravljanja koji ste koristili. Graf priložite ovdje **Slika _5**.
- graf na kojem se vidi stvarni parametar a_2 te estimirani parametar bez faktora zaboravljanja i s faktorom zaboravljanja (sve na istom grafu). Pazite da se na grafu svi podaci vide, te da se dobro vidi ponašanje estimata u blizini stvarnih parametara (promijenite debljinu linija). Na grafovima naznačite koliki je iznos faktora zaboravljanja koji ste koristili. Graf priložite ovdje **Slika _6**.

Kako promjena faktora zaboravljanja utječe na estimaciju? Kako promjena matrice kovarijance podataka utječe na estimaciju? Koja je prednost rekurzivne metode pomoćnih varijabli u odnosu na rekurzivnu metodu najmanjih kvadrata?