Høgskolen i Buskerud

Løsning til slutteksamen (vekt 40%) i emnet SESI3320 Systemidentifikasjon

Utarbeidet av Finn Haugen (finn@techteach.no), 1. januar 2007.

Eksamensdato: Onsdag 13. desember 2006. Varighet: 4 timer.
Hjelpemidler: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler. Kalkulator ikke tillatt. Kontakt under eksamen: Finn Haugen (faglærer), tlf. 97019215.

---

1. (25% vekt) *Først en kommentar til oppgaveteksten: Den oppgitt modellen er egentlig ikke korrekt, uten at det har noen betydning for oppgavens gyldighet, dvs. oppgaven er like meningsfull* med *denne feilen. Modellen burde vært oppgitt som*

$$h(k) = h(k-1) - a\sqrt{h(k-1)} + bu(k-1) \tag{1}$$

   Modellen (som er oppgitt i oppgaven) skrives først på standardformen $y = \varphi^T\theta$:

$$h(k) = -a\sqrt{h(k-1)} + bu(k-1) \tag{2}$$

   eller

$$\underbrace{h(k)}_{y(k)} = \underbrace{\left[-\sqrt{h(k-1)}, u(k-1)\right]}_{\varphi^T(k)} \underbrace{\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}}_{\theta} \tag{3}$$

   Den totale modellen vil bestå av alle de likningene på formen (3) som det er mulig å sette opp ut fra de tilgjengelige data:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} h(1) \\ h(2) \\ h(3) \\ h(4) \end{bmatrix}}_{Y} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\sqrt{h(0)}, u(0) \\ -\sqrt{h(1)}, u(1) \\ -\sqrt{h(2)}, u(2) \\ -\sqrt{h(3)}, u(3) \end{bmatrix}}_{\Phi} \underbrace{\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}}_{\theta} \tag{4}$$

2. (10%) Anta at parameterestimatet er $\widehat{\theta}$. Anta at det kan settes opp n stk likninger på formen $y = \varphi^T\theta$. Definer estimeringsavviket for likning nr. (eller datasett nr.) k som

$$e(k) = y(k) - \varphi^T(k)\widehat{\theta} \tag{5}$$

   Minste kvadraters metode beregner $\widehat{\theta}$ slik at summen av de kvadratiske estimeringsfeilene får minimal verdi, dvs. slik at

$$V = \sum_i [e(i)]^2 = \sum_i \left[y(i) - \varphi^T(i)\widehat{\theta}\right]^2 \tag{6}$$

   får minimal verdi.

3. (25%)

$$\underbrace{\begin{bmatrix} a(k+1) \\ b(k+1) \end{bmatrix}}_{x(k+1)} = \underbrace{\begin{bmatrix} a(k) \\ b(k) \end{bmatrix}}_{f} \tag{7}$$

$$\underbrace{h(k)}_{y(k)} = \underbrace{-a\sqrt{h(k-1)} + bu(k-1)}_{g} \tag{8}$$

4. (20%)

   H_theta=n4sid([dy du]);

   Funksjonen n4sid estimerer en kanonisk tidsdiskret (tilstandsrom)modell, H_theta, på såkalt thetha-format, som er et modellformat som benyttes internt i System Identification Toolbox i Matlab.

   [num,den]=th2tf(H_theta);

   Funksjonen th2tf transformerer den estimerte modellen, H_theta, til en ekvivalent tidsdiskret transferfunksjonsmodell der num og den er arrays som inneholder koeffiesientene for avtakende potenser av z i hhv. tellerpolynomet og nevnerpolynomet av transferfunksjonen.

   Ts=0.1;

   Ovenstående kode definerer samplingstiden for den tidsdiskrete modellen (transferfunksjonen).

   H1=tf(num,den,Ts)

   funksjonen tf genererer et LTI-objekt (Linear Time Invariant) ut fra den tidsdiskrete transferfunksjonen og den angitt samplingstiden.

5. (a) (5%) Inngangssignalet (eksitasjonssignalet) må ha tilstrekkelig mye variasjon til at systemets dynamiske egenskaper framkommer (blir representert) i utgangssignalet (målesignalet). Et inngangssignal som er konstant hele tiden er derfor ubrukbart. Praksis viser at et brukbart eksitasjonssignal kan være "sprang opp, sprang ned, og sprang tilbake igjen". Videre bør inngangssignalets amplitude være så lite som mulig, slik at systemet ikke bringes unødig langt bort fra arbeidspunktet under eksperimentet, men eksitasjonen må ikke være så liten at den målte responsen drukner i målestøy (responsen må altså være observerbar).

   (b) (5%) Den estimerte modellen vil kunne gi en god (nøyaktig) representasjon av det fysiske system kun i nærheten av arbeidspunktet.

(c) (5%) Den antakelig beste måten er å kjøre simuleringer basert på den estimerte modellen i parallell (samtidig) med det fysiske systemet, hvor både simulatoren og det fysiske systemet påvirkes av samme signal. Jo mindre avviket mellom simulert måleverdi og faktisk måleverdi er, jo bedre er modellen. Dersom en ikke kan kjøre slike nye eksperimenter, kan en dele opp tidsseriene fra det ene eksperimentet og benytte halve tidsserien til estimering og den andre halvdelen til modellvalidering (f.eks. simulering). Modellens nøyaktighet kan også sjekkes ved å beregne autokorrelasjonsfunksjonen, $R_{ee}(\tau)$, for estimeringsavviket. Ideelt sett skal esimeringsavviket være "hvitt", hvilket betyr at $R_{ee}(\tau)$ er impulsformet. Også polberegninger og frekvensresponsanalyse kan benyttes for modellverifikasjon.

(d) (5%) (1) Innstilling av regulatorparametre på basis av simulert reguleringssystem. (2) Analyse av systemets dynamiske egenskaper, f.eks. gjennom frekvensresponsanalyse. (4) Generelt: Uttesting, inkl. dimensjonering, og opplæring.