Systemidentifiering

Laboration 3 i kursen Modellbygge och simulering, TNG022
Denna version: december 2018

[1]Efternamn:	
[1]Förnamn:	
[1]LiU-ID:	
[1]Datum:	[2]Godkänd (sign):

[1] Ifylles av studenten. [2] Ifylles av labassistenten.

1 Introduktion

1.1 Laborationens syfte

Syftet med denna laboration är att visa hur systemidentifiering kan användas för att skapa matematiska modeller av system. Laborationen är tänkt att illustrera:

1. Hur man samlar in och behandlar de data som skall användas vid identifieringen.
2. Hur man väljer en lämplig klass av modeller.
3. Hur man beräknar modeller med hjälp av insamlade data.
4. Hur man bedömer kvalitén hos beräknade modeller.

1.2 Laborationens uppläggning

Laborationen består av två delar. Man arbetar huvudsakligen i programmet Matlab och använder tillhörande programpaket, bland annat System Identification Toolbox (SITB). Viss vana att använda programmet förutsätts.

I del I studeras ett system där man ska hitta en bra modell. I del II av laborationen kommer ni att mer i detalj studera vissa aspekter av systemidentifiering.

Som hjälpmedel i laborationen används datorer mätdatainsamlingskort från National Instruments och mjukvara från Matlab.

OBS! Det finns förberedelseuppgifter som ska utföras innan laborationen. Lösningar till alla uppgifter ska finnas tillgängliga på förfrågan från lab.assistenten.

Lösningar kan också lämnas in på Lisam före laborationen. Bara skriv ner alla svar, förklaringar och beräkningar på ett papper och lämna in detta (MATLAB-uppgiften kan dock visas på plats). Den schemalagda tiden är bara en liten del av den fullständiga laborationen. En stor del läggs på det teoretiska arbetet under förberedelserna.

2 Systemidentifiering

2.1 Arbetsgång

Även om man har tillgång till kraftfulla datorrutiner för identifiering, så är det många val som måste göras av användaren. Identifiering består av flera steg bland annat:

1. Val av samplingstid.
2. Val av insignal.
3. Datainsamling.
4. Förfiltrering och annan databehandling.
5. Val av modellklass.
6. Skattning av parametrisk modell.
7. Utvärdering av modellen (modellvalidering).

Normalt sett måste de tre sista stegen upprepas ett antal gånger tills man vid modellvalideringen är nöjd med resultatet. Det kan också hända att man måste göra om sin datainsamling på grund av dåligt val av samplingstid eller insignal. I praktiken är det ofta så att datainsamlingen, inklusive val av samplingstid och insignal, är det som tar mest tid. Givet uppmätta data är det nämligen relativt enkelt att snabbt ta fram och utvärdera ett stort antal modeller med hjälp av SITB i Matlab som ni har sett på datorlektionerna.

2.2 Val av samplingstid

Vad man ska tänka på vid valet av samplingstid diskuteras närmare i Avsnitt 14.2 i boken. Förslagsvis gör man inledningsvis ett stegsvarsexperiment för att få en uppfattning om tidskonstanter, rena tidsfördröjningar och statisk förstärkning. Ett typiskt val av samplingsfrekvens är ca 20 gånger systemets bandbredd, det vill säga

$$\omega_S = 20\omega_B$$

Bandbredden ω_B är approximativt lika med $1/\tau$, där τ är systemets tidskonstant. Vi får alltså

$$\omega_S = 20\omega_B \approx \frac{20}{\tau}$$

Tidskonstanten τ kan uppskattas ur stegsvaret som den tid det tar innan stegsvaret nått 63% av sitt slutvärde (bortsett från rena tidsfördröjningar). Ur ovanstående samband kan samplingstiden T_S beräknas. Kontrollera sedan att den valda samplingstiden medför att 4-8 sampel tas på ”rampen” i stegsvaret. Detta kan också användas som en approximativ metod för att bestämma T_S.

Tips: Om ni är osäkra på vad som är lämplig samplingstid för systemet bör ni ha i åtanke att det är bättre att sampla lite för snabbt än lite för långsamt. Avrunda därför hellre samplingstider nedåt än uppåt. Därmed inte sagt att det alltid är bra att sampla snabbt. För snabb sampling medför numeriska problem som tvingar de skattade systemets poler mot 1 och ofta placerar nollställen utanför enhetscirkeln (icke-minfas system).

2.3 Val av insignal

När det gäller val av insignal ska man bland annat tänka på att insignalen bör excitera så många moder som möjligt hos systemet. Valet av insignal beror dock på hur modellen ska användas. Man bör se till att insignalens energi är spridd över så många frekvenser som möjligt. Ett naturligt val, om man kan välja fritt, är att låta insignalen vara vitt

brus (möjligen filtrerat). Spektrumet för vitt brus är ju nämligen konstant över alla frekvenser.
Vid del I i laborationen kan man använda en brussignal som kallas *Telegraph signal* i användergränssnittet till laborationen. Det är en signal som växlar slumpmässigt mellan två värden. I vårt fall mellan -1 och 1.

I de flesta praktiska fall kan man dock inte använda godtyckliga signaler. Typiskt kan detta bero på begränsningar i insignalernas storlek och/eller derivata. Andra orsaker kan vara att systemet inte tål insignaler som innehåller godtyckligt höga frekvenser. Dock kan man oftast klara dessa krav genom att använda en filtrerad brus- eller telegrafsignal.

2.4 Modellvalidering

Vid modellvalideringen kan man till exempel plotta poler och nollställen, studera skattningarnas standardavvikelser, studera residualerna och simulera modellen och jämföra med utsignalen från det verkliga systemet.

Att testa modellen mot nya data (det vill säga ej samma data som använts vid skattningen) kallas korsvalidering och är kanske det mest effektiva sättet att avgöra om modellen håller måttet eller inte. Generellt bör man utsätta modellen för så många olika test som möjligt för att minimera risken att godta en felaktig (dålig) modell.

2.5 Repetitionsuppgifter

1. Repetera datorlektionen om identifiering.
2. Anta att $y(t) = G(q,\theta)u(t) + H(q,\theta)e(t)$ och $e(t)$ vitt brus. Ange enstegsprediktorn för $y(t)$! (Tips: Kom ihåg att prediktorns mål är att göra felet $y(t) - \hat{y}(t)$ så likt vitt brus som möjligt, det vill säga så likt $e(t)$ som möjligt.)
3. Skissera bodediagrammet för systemet $G(s) = \dfrac{a}{s+a}$ (Det räcker med beloppskurvan).

2.6 Förberedelseuppgifter

Alla förberedelseuppgifter måste vara gjorda för att ni ska få börja laborationen. De kommer att kontrolleras av labassistenten.

1. Läs kapitel 10-12 i boken och svara på följande frågor
   a) Vilken av konfektionsmodellerna går snabbast att skatta av ARX, OE, ARMAX och BJ?
   b) Vilken är den mest flexibla konfektionsmodellen av ARX, OE, ARMAX och BJ?
   c) Vad är det för skillnad på en ARX-, ARMAX- och Box-Jenkins-modell och när ska man använda vilken modell?
2. Varför brukar man säga att det är bättre att sampla lite för snabbt än lite för långsamt?
3. Anta att ett systems tidskonstant är $\tau = 0.1$ s. Vilken samplingstid T_S är då lämplig att använda?
4. Vilken typ av insignal ska man använda när man ska identifiera en modell?
5. Ett fysikaliskt system beskrivs av

$$y(t) = u(t-1) + 3u(t-2) + e(t)$$

där $e(t)$ är vitt brus med varians λ. Systemet modelleras med

$$y(t) = b_1 u(t-1) + e(t)$$

Vad konvergerar minstakvadratskattningen mot då antalet observationer går mot oändligheten ($u(t)$ antas vara oberoende av $e(t)$). Undersök fallen

a) när $\{u(t)\}$ är vitt brus med varians 1?

b) och fallet när $u(t)$ har kovariansfunktionen $R_u(0) = 2$, $R_u(1) = 1$, $R_u(2) = 0.5$ och så vidare?

6. I föregående uppgift analyserade du vad som händer då antalet observationer går mot oändligheten. I den här uppgiften ska du istället skatta parameterarna när du har ett ändligt antal observationer med hjälp av linjär regression

$$\hat{y}(t,\theta) = \theta^T \varphi(t)$$

där

$$\varphi(t) = [-y(t-T) \;\; u(t-T)]^T$$
$$\theta = [a \;\; b]^T$$

Minsta-kvadratskattningen av θ fås genom att minimera kriteriet

$$V_N = \sum_{t=1}^{N} (y(t) - \hat{y}(t,\theta))^2$$

där N är antalet sampel. Din uppgift är nu att skriva en Matlab-funktion som utför detta. Anropningssyntax ska vara `theta=mkskatt(y,u)`, där y är den mätta utsignalen och u är insignalen. Testa din funktion med datasetet som går att ladda ner från kursens hemsida i Lisam med namnet `idlabforb.mat`. Filen innehåller vektorerna y och u. Verifiera att din algoritm ger rätt skattning av parameterarna, som är $\theta = [-0.9 \;\; 0.1]^T$ genom

```
>> load idlabforb.mat
>> theta = mkskatt(y,u)
theta =
   -0.9
    0.1
```

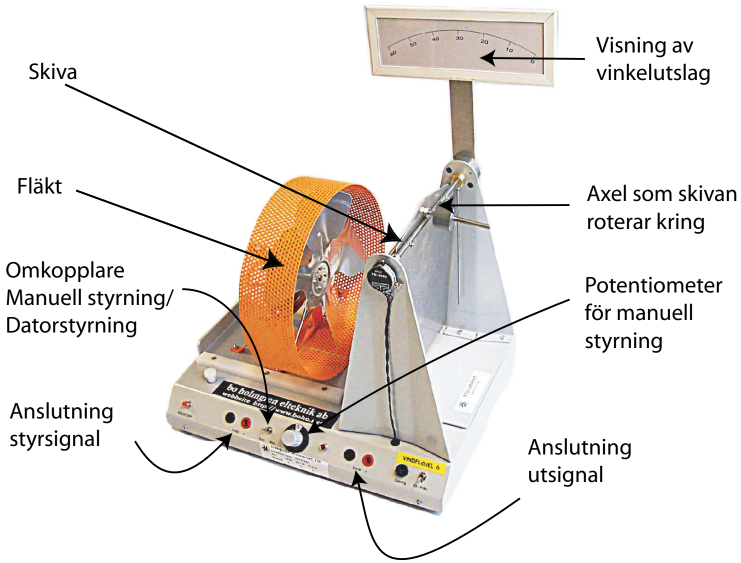
Tips: Observera att $\varphi(t)$ har ett sampels fördröjning av $y(t)$.

3 Laboration del I

Varning! Fläkten kan rotera med mycket hög hastighet. Håll fingrar på behörigt avstånd från fläkten.

3.1 Inledning

I denna del av laborationen skall en modell av ett system med okänd dynamik tas fram. Systemet är en vindflöjel (Figur 1). Närmare



Figur 1: Vindflöjel, vilken är den fysikaliska processen som ni ska göra en modell av.

bestämt består systemet av en fläkt som blåser på en skiva som är upphängd i överkant. Huvuduppgiften är att självständigt komma fram till en *bra* modell. Som hjälp kan ni använda materialet från datorlektionen 6 rörande System Identification Toolbox, teoriboken samt detta kompendium. Glöm heller inte att alla Matlab-kommandon har inbyggda hjälptexter som förklarar anropssyntax etc.

3.2 Identifiering av vindflöjeln

Er uppgift är alltså att på egen hand konstruera en bra modell av vindflöjeln. I uppgiften ingår design av identifieringsexperiment, framtagande av parametrisk modell samt modellvalidering. Räkna med att behöva iterera dessa moment ett antal gånger, speciellt gäller detta identifieringsexperimentet.

När ni är nöjda med er modell ska resultatet visas upp för assistenten. Ni ska kunna motivera:

1. Val av samplingstid.

2. Valideringsförfarande, det vill säga hur ni kommit fram till att er modell är bäst bland de ni prövat.

Börja gärna med att styra fläkten manuellt för att få en känsla för systemet och dess dynamik samt vilka signalnivåer som verkar lämpliga. Kan ni få en uppfattning om vad som är lämpligt *minsta* val av modellordning bara genom att styra fläkten för hand?

TIPS! Det är inte svårt att inse att vindflöjeln har en olinjär dynamik. Detta får till följd att det är svårt/omöjligt att hitta en linjär modell som approximerar vindflöjeln väl i hela insignalintervallet. Låt därför insignalen ligga i intervallet mellan 2 V och 6 V.

3.3 Utförande av del I

- Ladda ner filen lab3.zip från LISAM. Packa upp den på skrivbordet.
- Starta programmet genom att dubbelklicka på filen `TNG022_Lab3.exe` och klicka på pilen (`Run`) i toppmenyn.
- Du stoppar applikationen genom att trycka på `Stop Simulation` knappen.

Gränssnittet för processen visas i figur 2.

Figur 2: Gränssnitt för processen.

Nedan förklaras de inställningar som kan göras i programmet.

- I rutan `Input Selection` till vänster väljer man insignalen tillsammans med parametrarna.
- I rutan längst till på vänster `Sample time/Acquisition Length` finns tre textfält, där man kan ställa in samplingstid och exekveringslängd eller alternativt samplingstid och antal sampel. Notera att dessa tre parametrar är beroende av varandra.
- Se till att switchen på den fysiska vindflöjeln står i läge `auto` under experimenten som körs från datorn.

Datainsamling

När lämpliga inställningar är gjorda för sampling och insignal kan exekveringen startas genom att klicka på knappen med pilen (`Run`).

Under exekveringen sparas insamlad data automatiskt i en text-fil med namnet `model_data`.

Man laddar experimentdata i Matlab genom att köra script file `GetDataInMatlabMos.m`; iddata-objekt `input_data` genereras och det innehåller data från experimentet.

Så här kan ett exempel se ut som plottar insignalen och utsignalen av det fysikaliska systemet:

```
GetDataInMatlabMos
your_iddataobject=input_data;
plot(your_iddataobject)
```

- Utför det inledande stegsvarsförsöket, vilket ni behöver för att bestämma lämplig samplingstid.
- Eventuellt spara data till fil.

- Plotta signalerna som funktion av tiden och bestäm ur diagrammet ungefärlig tidskonstant. Beräkna lämplig samplingstid T_S. Det kan vara lämpligt att zooma in i bilden. Exempel på användbara Matlabkommandon är `zoom` och `ginput`.

T_S= . . . .

Skattning av modeller

- Ändra samplingstiden i applikationen till det värde ni tagit fram.
- Utför nu identifieringsexperimentet med `Telegraph signal` som insignal och spara data. **Samla in minst 1000 sampel.**
- Skatta parametriska modeller (`Polynomial models`) av olika typer med hjälp av med hjälp av `SITB`.

När ni har hittat en bra modell ska ni **visa den för assistenten och motivera varför** ni har valt den:

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

4 Laboration del II

I den här delen av laborationen kommer ni att genomföra en av följande uppgifter. Vilken/vilka uppgifter som ni ska göra i del II bestämmer labassistenten efter ni har redovisat del I.

4.1 Olika typer av insignal

Här ska ni testa att byta insignal till `Random` (vitt brus) och sedan skatta modeller på det nya datasetet och jämföra med resultatet från del I.

Era slutsatser:

....

....

....

....

....

....

....

....

....

4.2 Olika samplingstider

Den här uppgiften går ut på att ni ska testa att skatta modeller med med annan samplingstid jämfört med del I.

P.g.a. av begränsningar i USB-kommunikationen kan vi inte sampla snabbare utan vi väljer en samplingstid som är en faktor två långsammare än i del I av laborationen. Jämför sedan med era resultat i del I av laborationen.

Era slutsatser:

....

....

....

....

....

....

....

....

....

4.3 Justering av fläktens fysiska placering

Den här uppgiften går ut på att ni ska testa att skatta modeller efter att ha flyttat på fläkten ett antal steg längre till vänster från skivan räknat.

Detta görs genom att hålla in den vita plastknappen samtidigt som man drar i fläkten.

Jämför sedan med era resultat i del I av laborationen.

Era slutsatser:

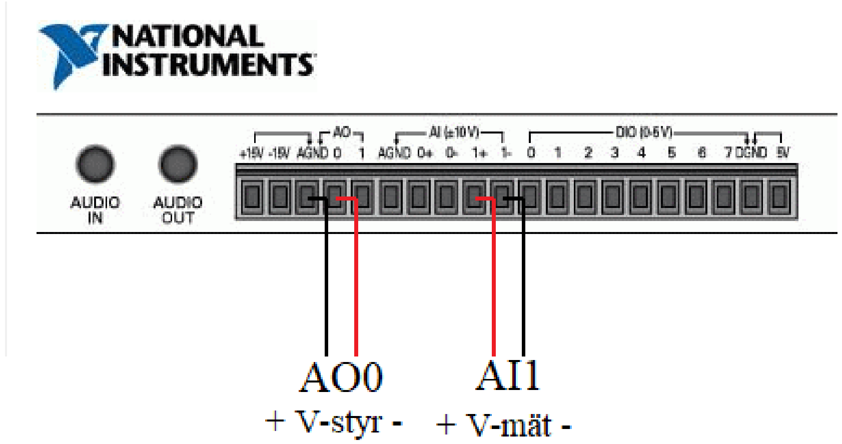
....

....

....

5 Kopplingsbeskrivning

Vindflöjeln anslutas till datorn via ett datainsamlingskort, NI myDAQ från National Instruments enligt figur 3. Observera att denna koppling finns redan från start och ingen omkoppling behövs göras.



Figur 3: Anslutning av Vindflöjeln till datainsamlingskortet, NI myDAQ.