University College of Southeast Norway

Exercises

Systemidentifikasjon – Oppgaver

HANS-PETTER HALVORSEN

http://home.hit.no/~hansha

Innholdsfortegnelse

1 Innledning

Task 1: Systemidentifikasjon

1 Hva er systemidentifikasjon?

2 Hva kan systemidentifikasjon brukes til?

3 Hvordan kan man identifisere et system?

[End of Task]

Task 2: Ulike metoder for systemidentifikasjon

1 Nevn kort ulike metoder for systemidentifikasjon og hva som kjennetegner disse.

[End of Task]

Task 3: Prosedyre for systemidentifikasjon

1 Nevn de ulike stegene som vanligvis inngår ved systemidentifikasjon.

Tegn gjerne en skisse og forklar kort de ulike stegene som inngår.

[End of Task]

2 Minste kvadraters metode

Her kommer noen oppgaver ifm Minste kvadraters metode, eller Least Square method (LS) som det heter på engelsk.

Task 4: Løse likningssett

Gitt følgende likninger:

$$x_1 + 2x_2 = 5$$

$$3x_1 + 4x_2 = 6$$

1 Sett opp likningene på formen $Ax = b$ og løs likningssettet ($x = A^{-1}b$). Bruk håndregning, samt kontroller svaret vha MathScript.

2 Løs Likningssettet vha Minste kvadraters metode $\theta_{LS} = (\Phi^{\mathrm{T}}\Phi)^{-1}\Phi^{\mathrm{T}}\mathrm{Y}$

Blir resultatet det samme?

[End of Task]

Task 5: Finn Minste kvadraters løsning

Gitt

$$Y = \Phi\theta$$

der:

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \qquad Y = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

1 Finn θ vha Minste kvadraters metode (penn og papir)

2 Sjekk svaret vha MathScript og LabVIEW

3 Kan systemet løses vha $\theta = \Phi^{-1}\mathrm{Y}$?

[End of Task]

Task 6: Minste kvadraters metode

Gitt følgende modell:

$$y(u) = au + b$$

Følgende verdier er funnet fra eksperimenter:

$$y(1) = 0.8$$

$$y(2) = 3.0$$

$$y(3) = 4.0$$

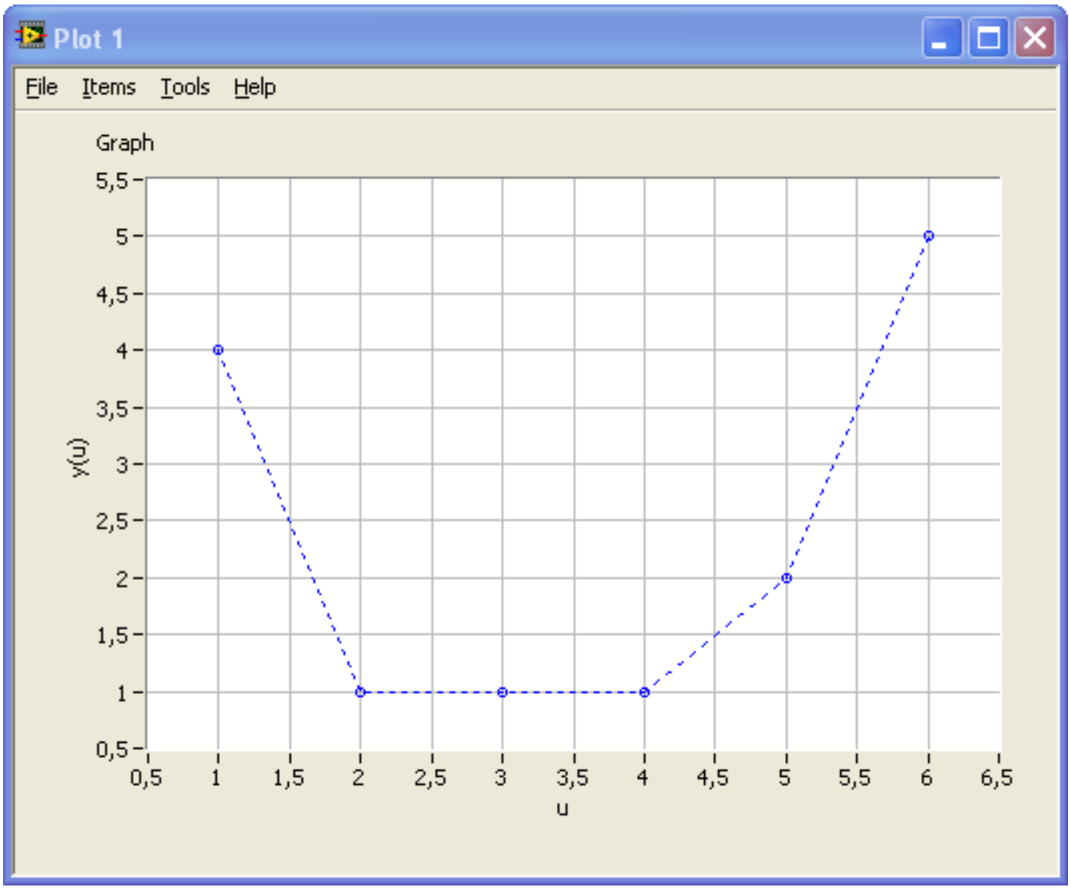
Vi ønsker å finne de ukjente modellparametrene a and b ved å bruke Minste kvadraters metode.

1. Finn a and b vha håndregning (penn og papir)
2. Finn a and b vha MathScript
3. Finn a and b vha LabVIEW

[End of Task]

Task 7: Kvadratisk kurve

Vi har logget følgende data for et gitt system hvor datapunktene er tegnet som små sirkler o plottet nedenfor:



Som du ser av kurven har vi for 6 forskjellige verdier av u (pådraget) logget utgangen $y(u)$.

Ut fra formen på kurven ønsker vi å tilpasse dette til en 2.ordens modell på følgende form:

$$y(u) = au^2 + bu + c$$

Finn modellparametrene (a, b, c) basert på dataene gitt i plottet.

Finn modellparametrene (a, b, c) vha Minste kvadraters metode ved å bruke følgende:

1. Håndregn ved å bruke penn & papir
2. Regn ut vha MathScript
3. Regn ut vha LabVIEW

Tips! Sett systemet opp på følgende form (regresjonsmodell):

$$y = \varphi\theta$$

Deretter på formen:

$$Y = \Phi\theta$$

og løs θ vha:

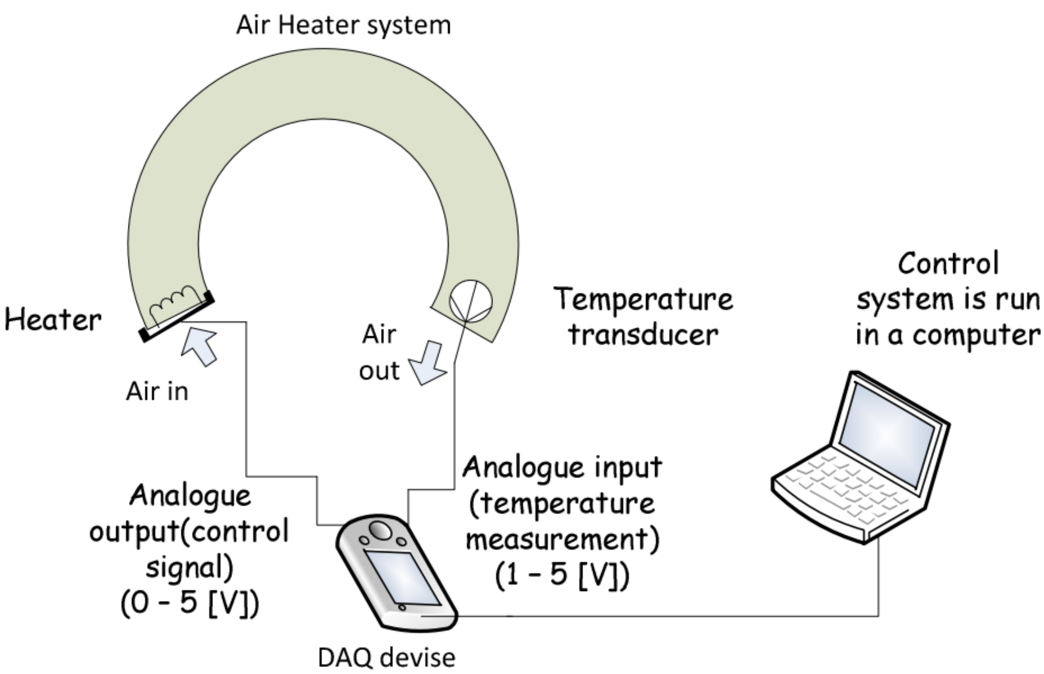
$$\theta_{LS} = (\Phi^T\Phi)^{-1}\Phi^T Y$$

2 Bruk MathScript til å plotte punktene over sammen med modellen i ett og samme plot (med innsatte verdier for a, b, c).

[End of Task]

Task 8: Skalering vha Minste kvadraters metode

Gitt følgende varmluftsprosess:



Systemet har følgende matematiske modell:

$$\dot{T}_{out} = \frac{1}{\theta_t}\{-T_{out} + [K_h u(t-\theta_d) + T_{env}]\}$$

hvor:

- $u\ [V]$ er kontrollsignalet til varmeelementet
- $\theta_t\ [s]$ er tidskonstanten til systemet
- $K_h\ [deg\ C\ /\ V]$ er varneelementets forsterkning
- $\theta_d\ [s]$ er tidsforsinkelsen i systemet
- T_{env} er romtemperaturen

Vi ønsker å logge temperaturen vha en DAQ enhet som gir oss et spenningssignal mellom $1-5V$. Dette signalet ønsker vi å konvertere til en temperaturverdi mellom $20-50$°C, dvs. vi trenger å skalere $1-5V$ til $20-50$°C.

Siden dette vil være en lineær skalering kan vi bruke følgende:

$$y(x) = ax + b$$

1 Vi ønsker å finne parametrene a og b for denne funksjonen vha Minste kvadraters metode.

Vi har 2 punkter på linja:

$$(x1, y1) = (1, 20)$$

$$(x2, y2) = (5, 50)$$

Sjekk svaret vha MathScript.

[End of Task]

Task 9: Dynamisk system

Gitt følgende system:

$$\dot{x} = -\frac{1}{T}x + Ku$$

der

T er tidskonstanten til systemet

K er f.eks Pumpeforsterkningen

1 Sett opp systemet på formen $y = \varphi\theta$

2 Implementer modellen i LabVIEW. Sett $T = 5$ og $K = 2$ og simuler systemet.

Tips! Implementer modellen vha "Simulation Subsystem" og implementer systemet vha tilgjengelige blokker.

Plot sprangresponsen for systemet.

3 Finn transferfunksjonen for systemet:

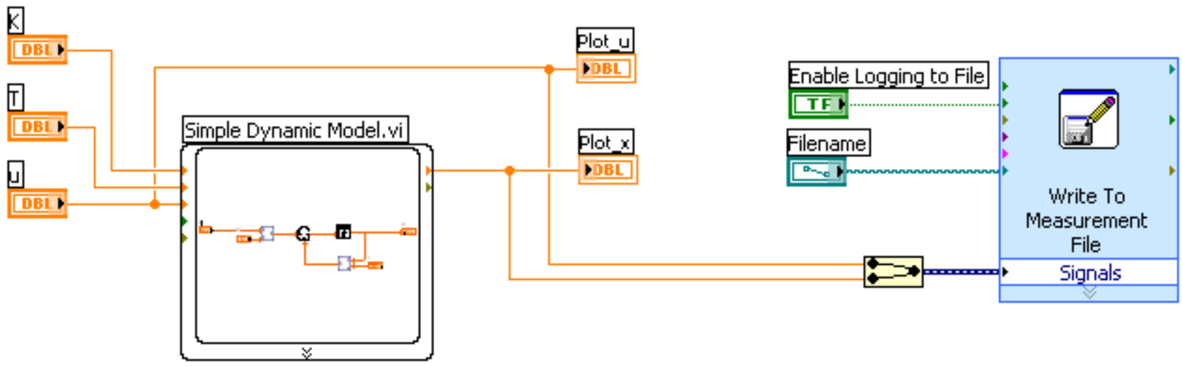
$$H(s) = \frac{x(s)}{u(s)}$$

Sammenlign og diskuter resultatet med sprangresponsen fra forrige deloppgave.

4 Bruk modellen som du implementerte i en tidligere deloppgave som utgangspunkt. Bruk denne til å logge input (u) og output data (x).

Lagre de loggede dataene til fil vha ”Write To Measurement File”.

Forslag til løsning: Her er et utdrag fra koden i løsningsforslaget:

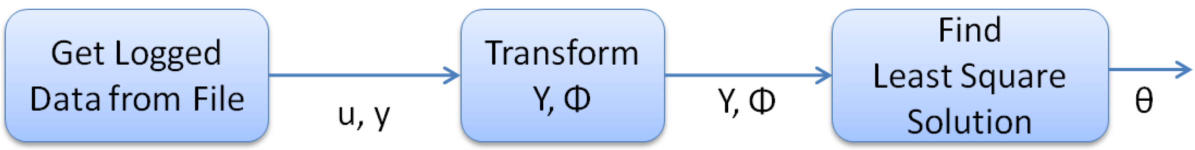


Merk! dette må selvsagt implementeres i en (While) loop.

5 Finn modellparametrene (T og K) vha Minste kvadraters metode i LabVIEW.

Merk! Svaret bør da bli $T \approx 5$ og $K \approx 2$.

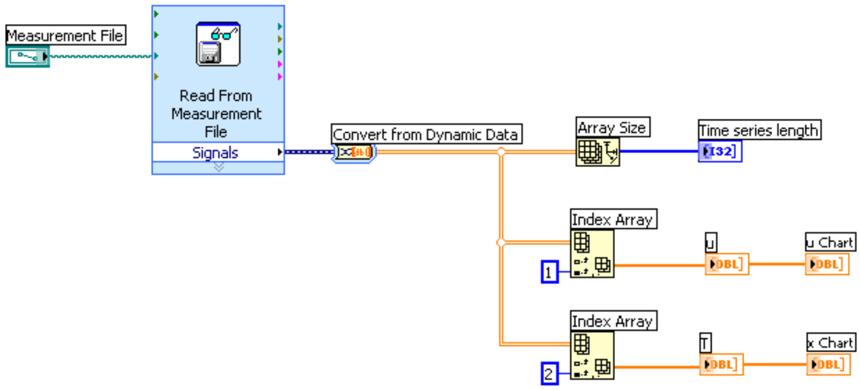
Tips! Det kan være en god ide’ å splitte opp programmet i forskjellige logiske deler ved å bruke SubVIs i LabVIEW.



Her er noen tips og triks for å hjelpe dere litt på vei:

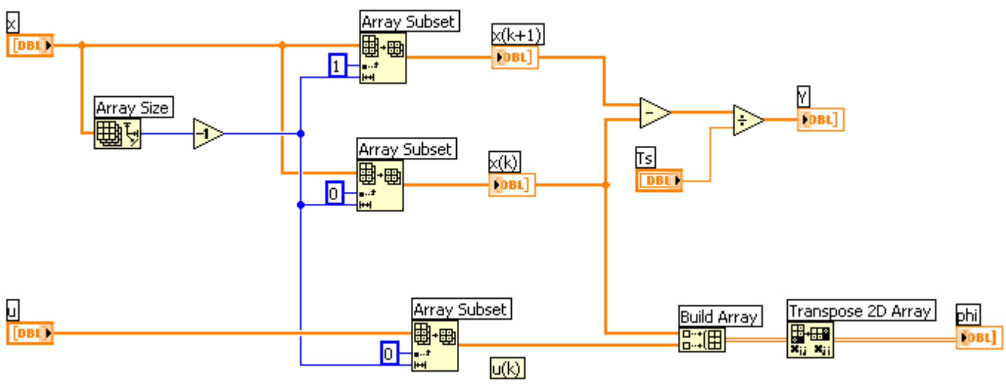
Hent Loggedata:

Her er et utdrag fra løsningsforslaget:



Transformering av Y og Φ:

Her er et utdrag fra løsningsforslaget:



→ Hele poenget er å "stable" loggedatene på riktig måte og passe på at de har riktig dimensjon. Fra loggedatene lager vi nye vektorer, f.eks. trenger vi både $x(k)$ og $x(k+1)$.

Det er også mulighet for å manipulere/transformere loggedataene i f.eks. MS Excel.

Finn Minste kvadraters løsning:

Her er et utdrag fra løsningsforslaget:

Vi finner parametrene vha formelen:

$$\theta_{LS} = (\Phi^{T}\Phi)^{-1}\Phi^{T}Y$$

[End of Task]

Task 10: Dynamisk system med tidsforsinkelse

Gitt følgende system (med dødtid):

$$\dot{x} = -\frac{1}{T}x + Ku(t - \tau)$$

der

T er tidskonstanten til systemet

K er f.eks Pumpeforsterkningen

τ er dødtiden i systemet.

1 Sett opp systemet på formen $y = \varphi\theta$

2 Gitt følgende loggedata (dataene er ikke realistiske)

k	u	x
1	0.9	3
2	1.0	4
3	1.1	5
4	1.2	6
5	1.3	7
6	1.4	8
7	1.5	9

Vi har brukt følgende samplingstid: $\boldsymbol{T_s = 1s}$

Ut fra en enkel sprangrespons har vi funnet dødtiden til å være: $\tau = 3$.

Sett systemet opp på formen $Y = \Phi\theta$

Finn modellparametrene (θ). Kontroller svaret vha MathScript.

3 Implementer modellen i LabVIEW. Sett $T = 5$, $K = 2$, $\tau = 3$ og simuler systemet.

Tips! Implementer modellen vha ”Simulation Subsystem” og implementer systemet vha tilgjengelige blokker.

Plot sprangresponsen for systemet.

4 Finn transferfunksjonen for systemet:

$$H(s) = \frac{x(s)}{u(s)}$$

Sammenlign og diskuter resultatet med sprangresponsen fra forrige deloppgave.

Plott sprangresponsen for transferfunksjonen i MathScript.

Tips! Bruk *step()* funksjonen.

5 Bruk modellen som du implementerte i en tidligere deloppgave som utgangspunkt. Bruk denne til å logge input (u) og output data (x).

Lagre de loggede dataene til fil vha "Write To Measurement File".

Merk! Dødtiden, τ finner vi vha en enkel sprangrespons.

6 Finn modellparametrene (T og K) vha Minste kvadraters metode i LabVIEW.

Merk! Svaret bør da bli $T \approx 5$ og $K \approx 2$.

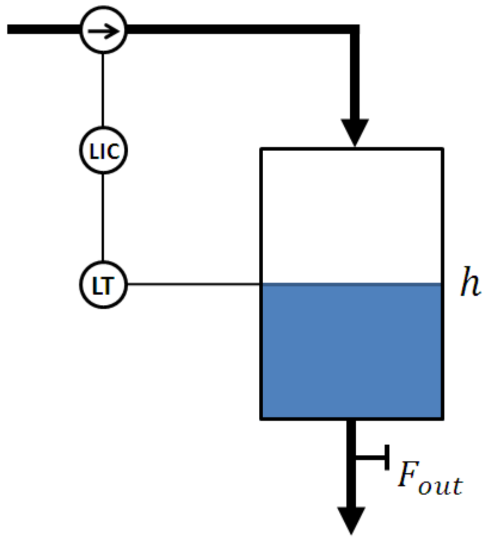
7 Finn PID parametre vha modellen for systemet og bruk Skogestad's metode.

Merk! K er her prosessens totale forsterkning (dvs <u>ikke</u> den samme K som inngår i differensiallikningen av modellen vår).

[End of Task]

Task 11: Systemidentifikasjon av vanntank

Gitt følgende system:



hvor h er nivået i vanntanken.

Vi ønsker å finne modellparametrene for denne tanken vha. systemidentifikasjon.

1 I systemidentifikasjon inngår ulike trinn. Forklar kort disse trinnene.

2 Vi ønsker å logge data for systemet beskrevet ovenfor.

Vi ønsker å logge nivået i tanken. Målesignalet fra vanntanken er $0 - 10V$, mens det fysiske nivået er mellom $0 - 20cm$. Vi trenger derfor å skalere signalet vi får fra DAQ enheten.

Vi bruker følgende lineære skalering:

$$y = ax + b$$

Finn parametrene a and b vha. **Minste kvadraters metode**.

Tip! Set systemet på formen $Y = \Phi\theta$ og løs a og b vha.:

$$\theta_{LS} = (\Phi^{\mathrm{T}}\Phi)^{-1}\Phi^{\mathrm{T}}\mathrm{Y}$$

3 Den matematiske modellen for vanntanken er gitt som:

$$\dot{h} = -K_1 h + K_2 u$$

Hvor

h er nivået i tanken

u er pådragssignalet til pumpa på innløpet (som vi bruker til å regulere nivået i tanken)

K_1 and K_2 er ukjente konstanter (som vi ønsker å finne)

Sett systemet på følgende form:

$$y = \varphi\theta$$

Siden vi skal implementere dette I en datamaskin, må vi ha det på diskret form. Vi bruker Euler forover metoden:

$$\dot{h} \approx \frac{h(k+1) - h(k)}{T_s}$$

Hvor T_s er samplingstiden.

4 Vi ønsker å finne modelparametrene (K_1 og K_2) and to do that we need to log input and output data for the system.

Følgende data er gitt:

k	$u[V]$	$h[cm]$
1	0.1	12
2	0.2	13
3	0.3	14
4	0.4	15
5	0.5	16
6	0.6	17

Samplingstid $T_s = 0.1s$ er brukt ved logging av dataene.

Sett systemet på følgende form:

$$Y = \Phi\theta$$

5 Bruk MathScript til å finne θ basert på dataene fra forrige deloppgave.

[End of Task]

3 Validering

Task 12:	Validering

Tegn og forklar hvordan du vil validere en modell.

[End of Task]

Hans-Petter Halvorsen, M.Sc.

E-mail: hans.p.halvorsen@hit.no

Blog: http://home.hit.no/~hansha/

University College of Southeast Norway

www.usn.no