

Mat-2.4129 Systemien identifiointi, aihepiirit 1/4

- **Dynaamisten systeemien matemaattinen mallintaminen ja analyysi**

- Matlab (System Identification Toolbox), Simulink

1. Matemaattinen mallintaminen:

- Mallintamisen ja mallin määritelmät
- Fysikaalinen mallintaminen ja identifiointi
- Matemaattisen mallien jaottelu

2. Systeemi- ja signaalimallit:

- Input-output-kuvauksen ja tilayhtälömallin ero
- Linearisointi, diskretointi
- Siirtofunktio ja stabiilisuusominaisuudet
- Häiriösignaalien kuvaus aika- ja taajuustasossa

Mat-2.4129 Systemien identifiointi, aihepiirit 2/4

3. Matemaattisesta mallintamisesta:

- Dynaamisen systeemin matemaattisen mallin konstruointiperiaatteita

4. Lineaaristen järjestelmien teoriaa:

- Ohjattavuus, tarkkailtavuus, systeemiteoreettiset stabiilisuuskäsitteet
- Tilatarkkailu, tilatarkkailija, tilaestimointi
- Kalman-suodin

5. Sääntötekniikkaa:

- Takaisinkytketyn säädön periaate
- PID-säädin
- Tilatakaisinkytkentä

Mat-2.4129 Systemien identifiointi, aihepiirit 3/4

6. Identifiointi I:

- Transienttianalyysi – impulssivaste, askelvaste
- Korrelaatioanalyysi ja sen suorittaminen

7. Identifiointi II:

- Taajuusvaste
- Spektrin estimointi periodogrammin avulla
- Fourier-analyysi, spektraalianalyysi

8. Identifiointi III (Rakenteelliset/parametriset malli, estimointi):

- Black box –malliluokat
- Parametrien estimointi ennustevirhemenetelmillä
- Vaatimukset herätteelle, rakenteellinen identifioituvuus

Mat-2.4129 Systemien identifiointi, aihepiirit 4/4

9. Identifiointi kokonaisuutena I:

- Mallinrakennuksen vaiheet
- Identifiointikokeen suunnittelu
- Mallirakenteen valintatekniikat

10. Identifiointi kokonaisuutena II:

- Mallin validointikysymykset
- Parametristimaatin ominaisuudet
- Sisäänmeno-ulostulo –käyttäytyminen
- Ennustaminen, residuaalianalyysi

11. Erityisiä mallinnustekniikoita (jos aikaa jää):

- Bond-graafit
- Differentiaalis-algebraaliset yhtälöt

Mitä on mallintaminen?

- Malli = ”todellisuuden” jäljitelmä
- Todellisuuden jäljittely:
 - fyysiset mallit
 - fysiikan ja luonnonlait, simulointi
- Esikuvan toteuttaminen:
 - piirustus, optimointi, säätö, oppiminen
- Jokapäiväinen elämä
 - mentaalimallit, verbaaliset mallit, takaisinkytkentä
- Hyvä malli on käyttötarkoitukseensa nähden yksinkertaisin mahdollinen
- Matemaattiset mallit mallien osajoukko

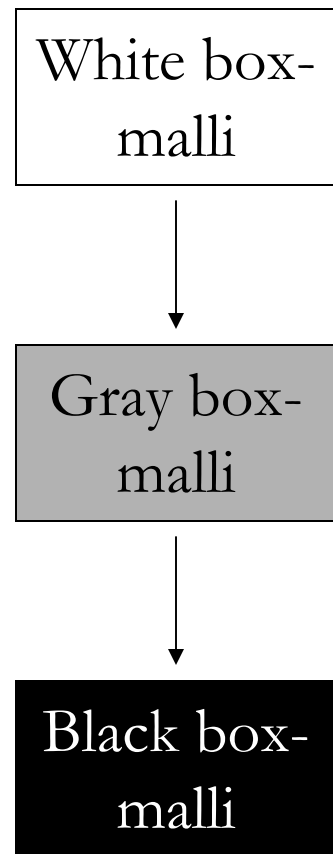
Systemi vs. malli

- Systemi = olemassaoleva kokonaisuus, jonka ominaisuuksista ollaan kiinnostuneita
 - aurinkokunta, kansantalous, sähköpiiri,...
 - huom. länsimaiset luonnontieteet jo satoja vuosia perustuneet hypoteesiin systeemistä ja kokeisiin jotka vahvistavat tai kumoavat sen
 - Dynaaminen systemi = systeemin historia vaikuttaa systeemin toimintaa, i.e, systeemillä on ”muisti”
 - Malli = tarkasteltavan systeemin kuvaus mallin käyttäjän kannalta kiinnostavin painotuksin
 - Miksei kokeellista lähestymistapaa aina?
 - liian kallista
 - liian vaarallista
 - systemi ei (vielä) ole olemassa
- => Malli on työkalu jolla voidaan vastata kysymyksiin systeemistä ilman kokeiden tekemisen tarvetta

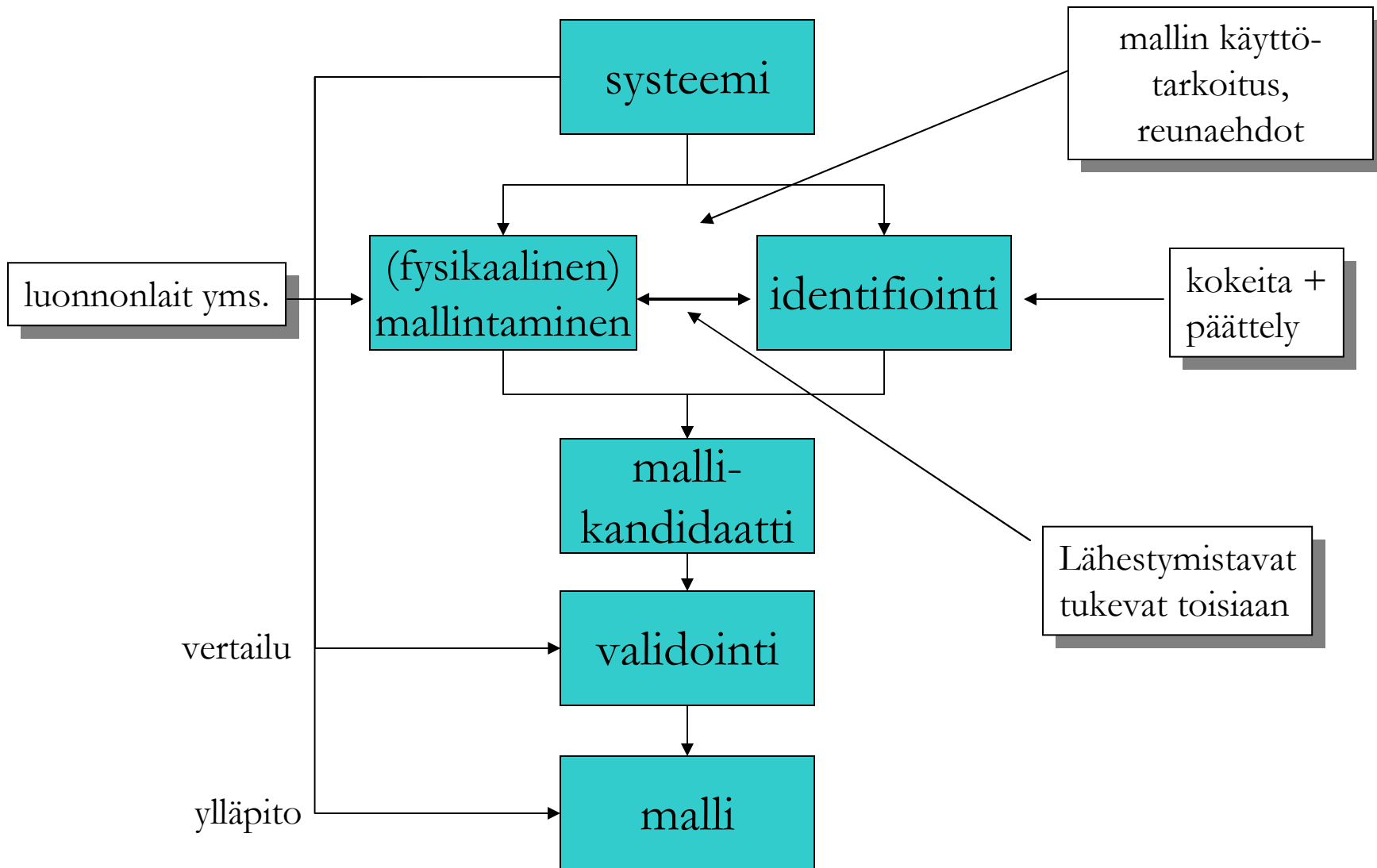
Esimerkkejä

kompleksisuus kasvaa

| Systemi | kiinnostava asia ("painotus") | malli |
|-----------------|---|---|
| massapiste | massan paikka, nopeus ja kiihtyvyys | Newtonin lait |
| sähköpiiri | virrat ja jännitteet piirin osissa | Ohmin laki, Kirchoffin lait jne. |
| kansantalous | inflaatio ensi vuonna | osin tunnetut lait, osin havaintoihin perustuen |
| Eduskuntavaalit | lopputulos | psykologiset mallit, kokeet |



Matemaattisen mallin konstruointi



Mallien jaottelua...

1. Deterministinen – stokastinen

- deterministinen: eksaktit yhteydet mitattavissa olevien suureiden välillä
- stokastinen: mukana todennäköisyyksiä ja epävarmuutta (yl. satunnaismuuttujalla kuvattu kohina)

2. Dynaaminen – staattinen

- dynaamisella systeemillä on tila (muisti), josta sen tulevaisuus riippuu ohjauksen lisäksi

3. Jatkuva-aikainen – diskreettiaikainen

- mallina vastaavasti differentiaali- tai differenssiyhtälöt

...Mallien jaottelua...

4. Keskitettyt parametrit – jakautuneet parametrit
 - mallina diff. yhtälöt - osittaisdiff.yhtälöt
5. Jatkuva-aikainen – tapahtumaorientoitunut
 - jälkimmäisissä tila muuttuu vain tapahtuman (event) seurauksena (erilaiset logistiikka- yms. simulaatiomallit)

...Mallien jaottelua (ei kirjassa)

6. Parametrinen – ei-parametrinen

- esim. systeemin taajuus- tai impulssivaste on myös malli

7. SISO-MIMO (MISO)

8. Lineaarinen – epälineaarinen

9. Aikavariantti – aikainvariantti

- aikavariantissa mallissa parametrit muuttuvat ajassa

10. Aikatasomalli – taajuustasomalli

- diff. yhtälöt vs. taajuusesitykset kuten Boden diagrammi

Esimerkkejä malleista

- Biologinen systeemi (kirja s. 23-27)
 - yhteisen ruuan tilanne
 - Predator – prey –tilanne (Lotka-Volterra -malli)
- Kansantaloudellinen systeemi (kirja s. 29-31)