

MS-E2129 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 signaali)mallit:

- Input-output-kuvauksen ja tilayhtälömallin ero
- Linearisointi, diskretointi
- Siirtofunktio ja stabiilisuusominaisuudet
- (Häiriösignaalien kuvaus aika- ja taajuustasossa => kohtaan 7)

MS-E2129 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

MS-E2129 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 (parametriset mallit):

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

MS-E2129 Systemien identifiointi, aihepiirit 4/4

9. Identifiointi kokonaisuutena I:

- Mallinrakennuksen vaiheet
- Identifiointikokeen suunnittelu
- Mallirakenteen valintatekniikat

10. Identifiointi kokonaisuutena II:

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

11. (Erityisiä mallinnustekniikoita ei v. 2022):

- Bond-graafit
- Differentiaalis-algebraaliset yhtälöt

Mitä on mallintaminen?

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

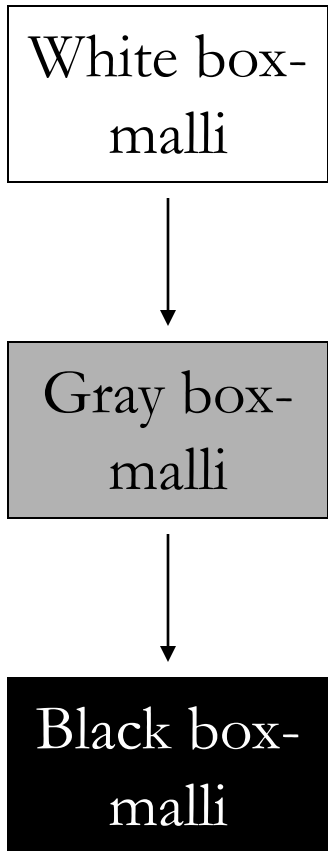
Systemi vs. malli

- 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

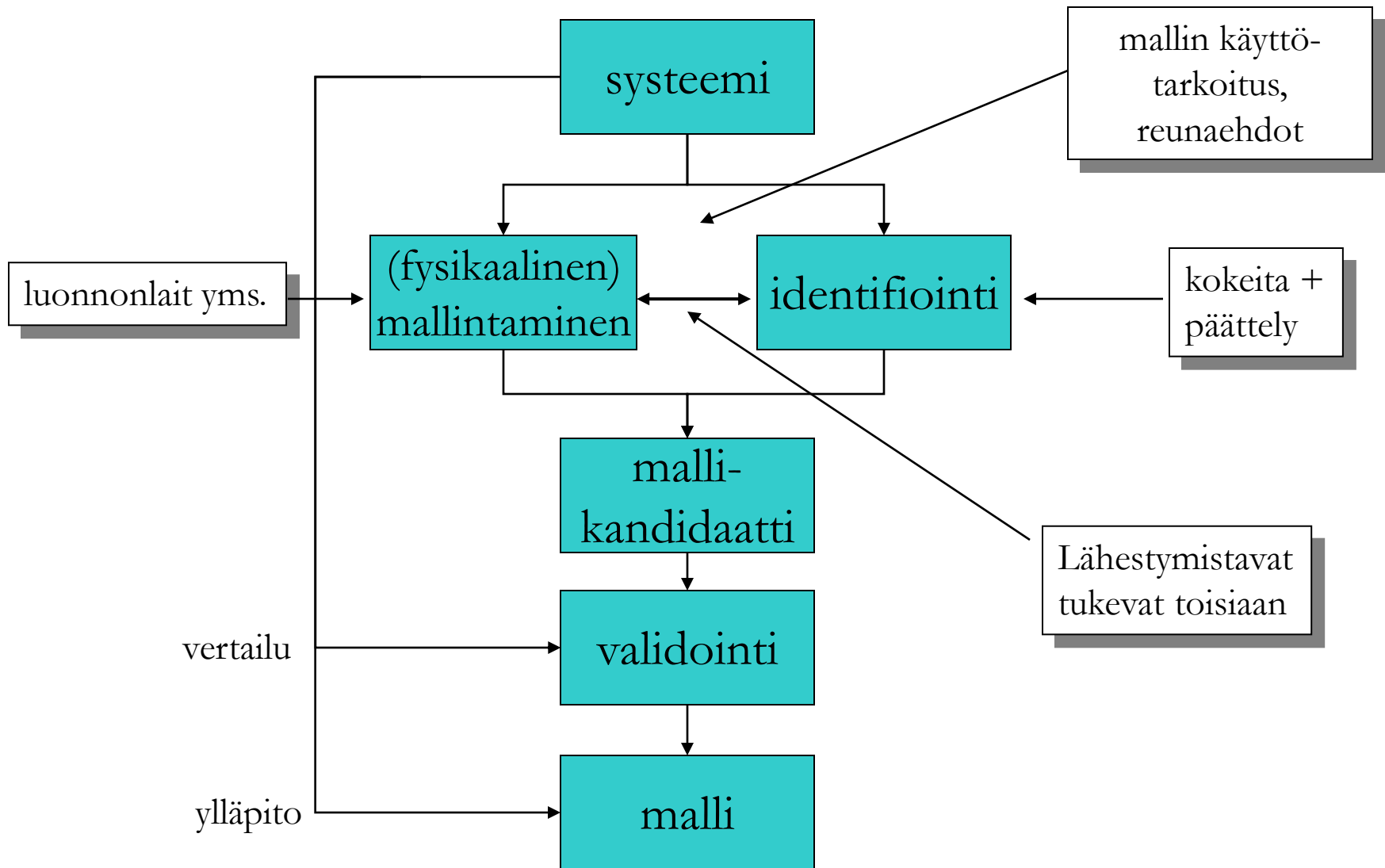
Esimerkkejä

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

kompleksisuus kasvaa



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. Keskitetyt 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)