Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Robustness evaluation of dynamic maintenance strategies (valmiin työn esittely)

Henrik Pärssinen

6.3.2023

Ohjaaja: DI *Leevi Olander*

Valvoja: Prof. *Ahti Salo*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

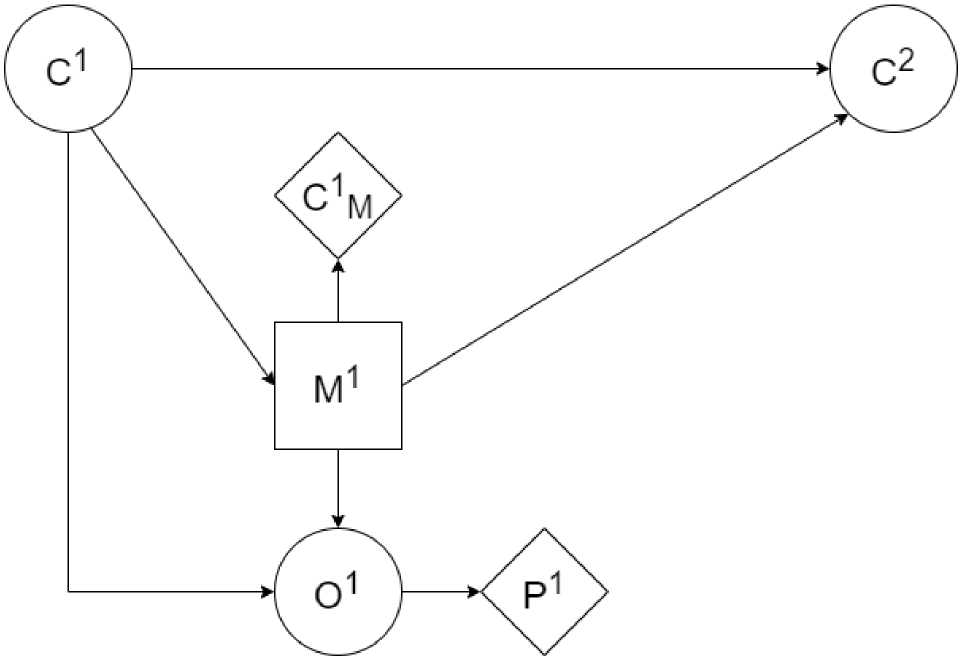
Systeemianalyysin
laboratorio

Tausta

- Huolto- ja korjaustoimenpiteet kuluttavat merkittäviä määriä resursseja
- Näitä toimenpiteitä voidaan mallintaa ja optimoida
- Työssä rakennetaan monijaksoinen malli, jossa huolto- ja korjaustoimenpiteet valitaan kohteen kunnon ja siihen liittyvien ulkoisten epävarmuuksien perusteella
  - Kunto (erittäin huono, huono, hyvä, erittäin hyvä)
  - Ulkoiset epävarmuudet (esim. äärimmäiset sääolosuhteet, pandemia)
- Työssä ratkaistaan optimaaliset strategiat ja tarkastellaan strategioiden robustisuutta

Decision Programming viitekehys ja vaikutuskaaviot

- Neliöt esittävät valintoja
- Ympyrät esittävät satunnaisuuksiin liittyviä epävarmuuksia
- Vinoneliöt esittävät seurauksia
- Valinnat ja satunnaisuuksiin liittyvät epävarmuudet esitetään diskreetteinä muuttujina

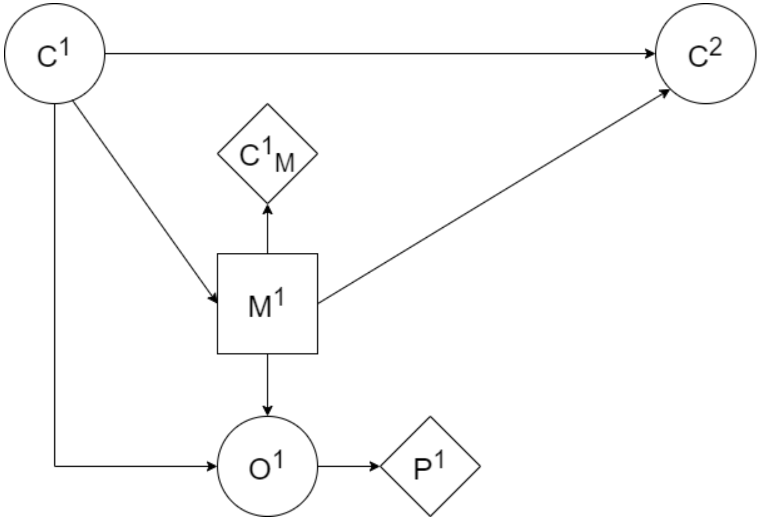


C = Condition
M = Maintenance

O = Operational capability
P = Performance

C_M = Maintenance cost

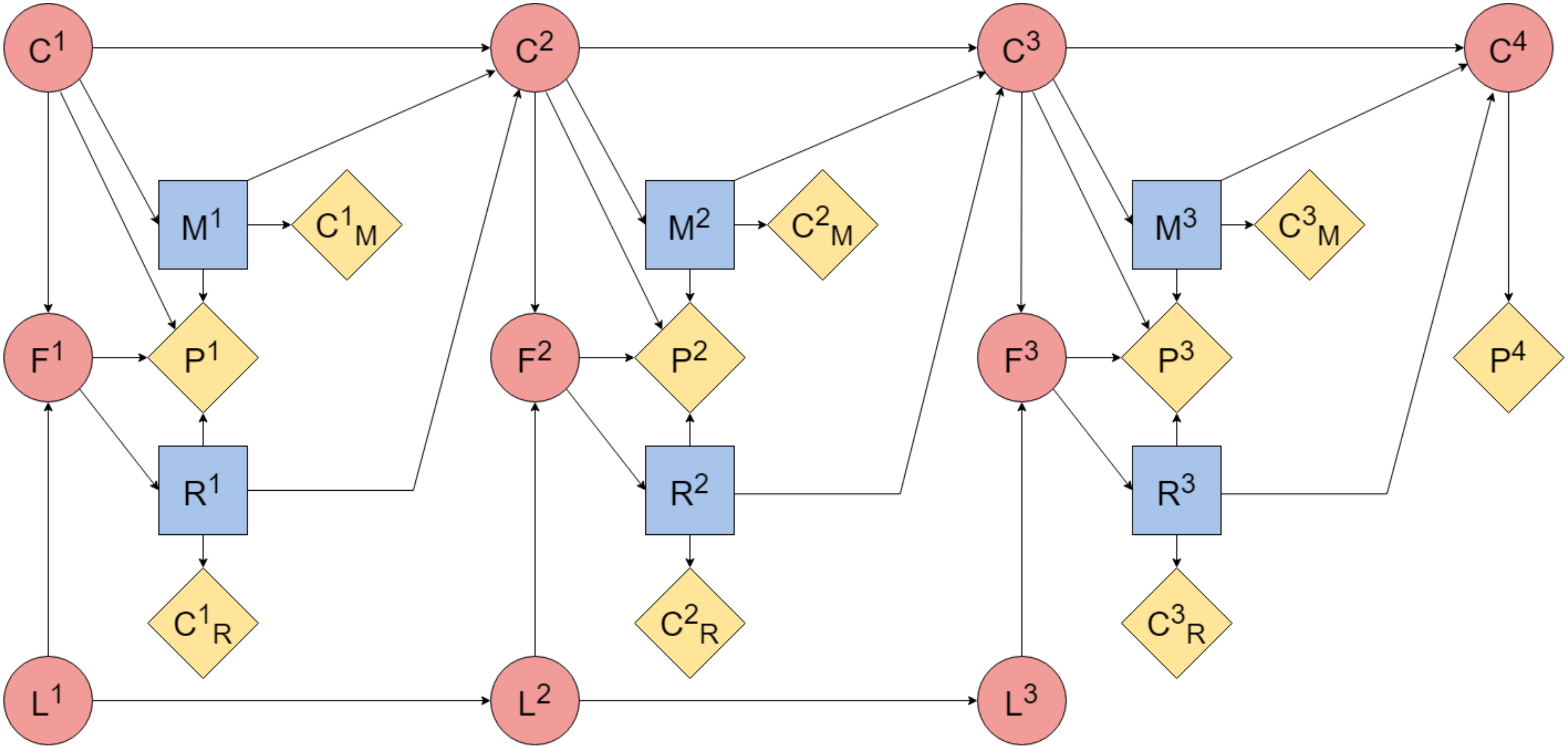
Strategiat ja optimaalisuus



- Malli arvioi jokaisen strategian suorituskyvyn ja hinnan odotusarvojen perusteella

Strategy	Node	Information state	Decision	Performance	Costs (k€)
Z_1	M^1	Bad Good Great	Do not maintain Do not maintain Do not maintain	0,4	0
Z_2	M^1	Bad Good Great	Maintain Maintain Do not maintain	0,9	50

Työssä käytetty malli

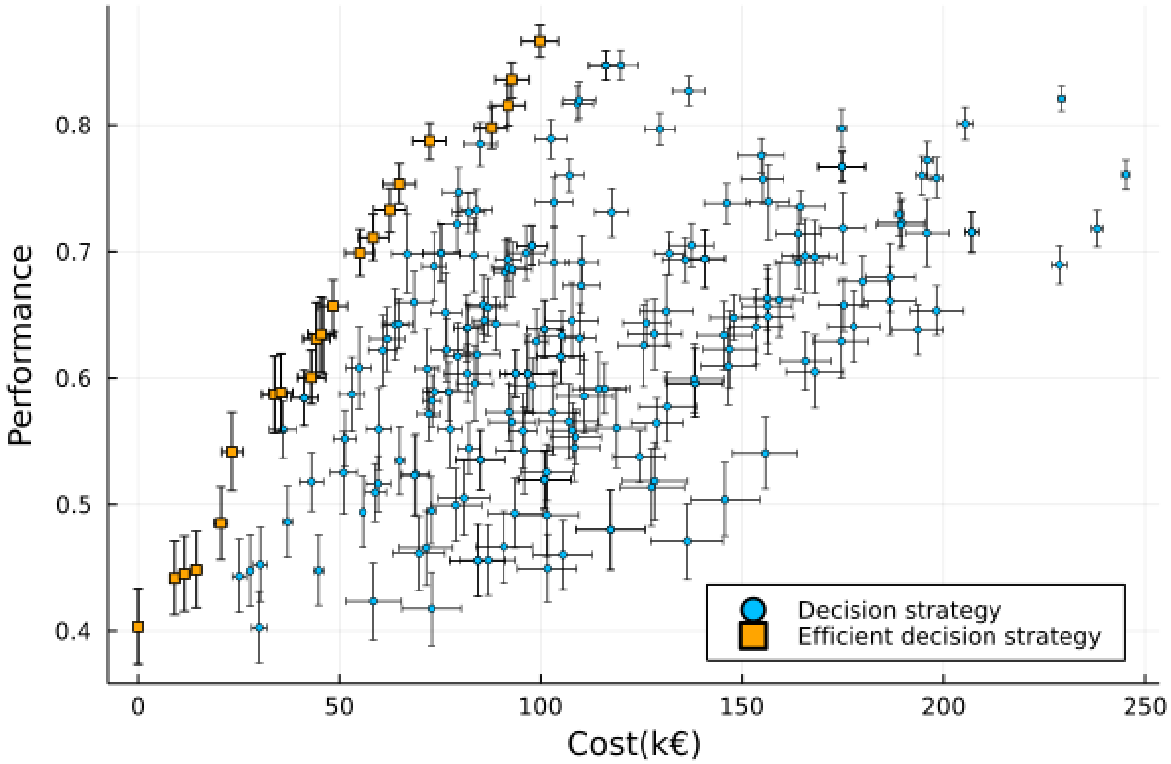


Optimointiongelma

$$
\begin{array}{ll}
\max\limits_{Z \in \mathbb{Z}} \left\{ \sum\limits_{s \in S} \pi(s) P^{tot}(s), -\sum\limits_{s \in S} \pi(s) C^{tot}(s) \right\} & \\
\text{s.t.} \sum\limits_{m^t \in M} z(m^t \mid c^t) = 1, & \forall t \in T, c^t \in C^t \\
\sum\limits_{r^t \in R} z(r^t \mid f^t) = 1, & \forall t \in T, f^t \in F^t \\
0 \leq \pi(s) \leq p(s), & \forall s \in S \\
\pi(s) \leq z(m^t \mid c^t), & \forall s \in S, \forall t \in T, c^t \in C^t \\
\pi(s) \leq z(r^t \mid f^t), & \forall s \in S, \forall t \in T, f^t \in F^t \\
\pi(s) \geq p(s) + \sum\limits_{t \in T} z(m^t \mid c^t) + \sum\limits_{t \in T} z(r^t \mid f^t) - |D|, & \forall s \in S \\
s = (c^1, \ldots, c^T, l^1, \ldots, l^{T-1}, f^1, \ldots, f^{T-1}, r^1, \ldots, r^{T-1}, m^1, \ldots, m^{T-1}), & \\
z(m^t \mid c^t) \in \{0, 1\}, & \forall t \in T, c^t \in C^t \\
z(r^t \mid f^t) \in \{0, 1\}, & \forall t \in T, f^t \in F^t
\end{array}
$$

Optimointiongelma

- Kaksi optimointikriteeriä → Pareto-optimaalinen rintama eikä yksittäistä optimaalista ratkaisua
- Miten valita yksi strategia rintamalta?

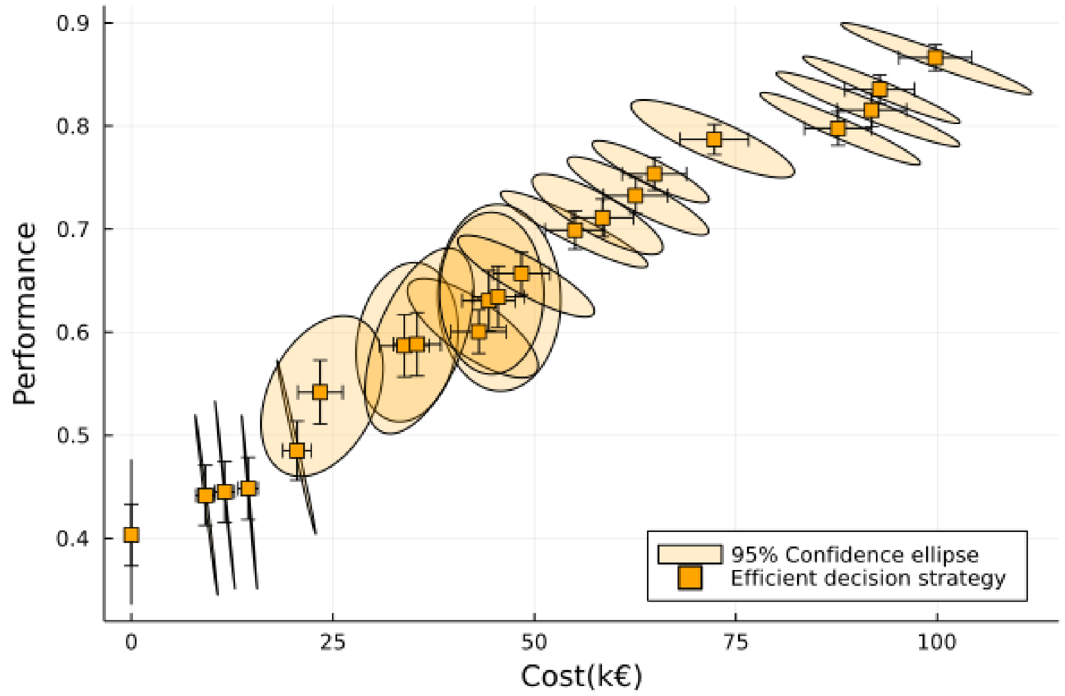


Robustisuus

- Miten eri strategioiden suorituskyvyn ja kustannusten odotusarvot muuttuvat, kun alkuoletuksia muutetaan?
- Robustisuutta analysoitiin Monte Carlo –simuloimalla alkuoletuksia ulkoisista epävarmuuksista (esim. äärimmäiset sääolosuhteet, pandemia)
- Tulokset visualisoitiin luottamusellipsien avulla

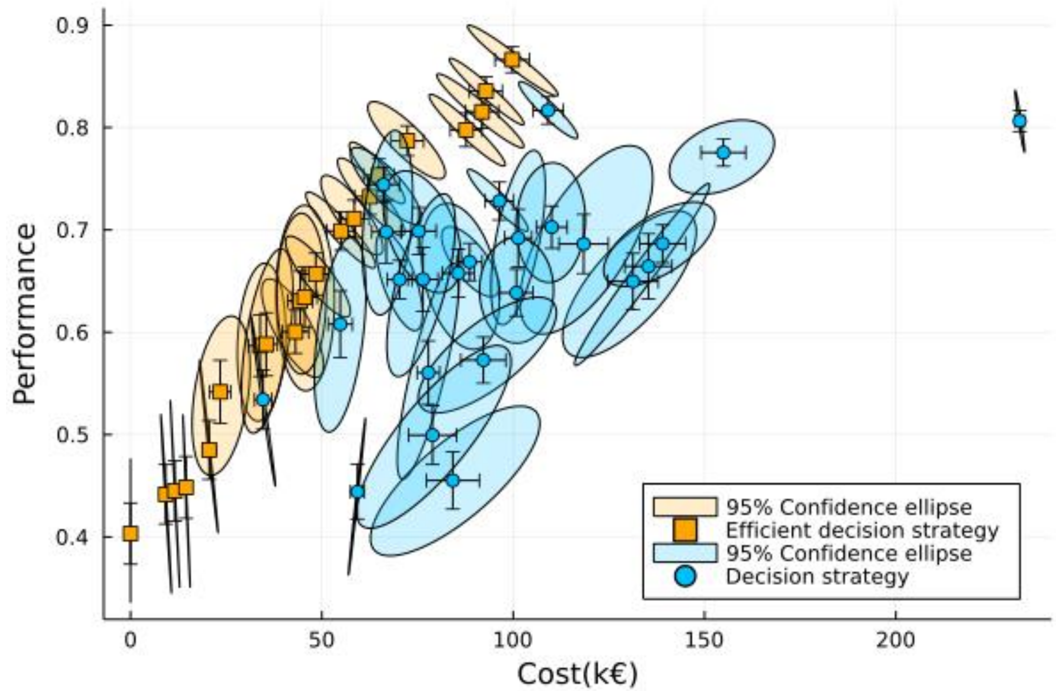
Tulokset

- Matalakustanteiset optimaaliset strategiat ovat robustisia kustannusten suhteen, ja korkean suorituskyvyn strategiat robustisia suorituskyvyn suhteen
- Robustisuus on mahdollinen kriteeri strategiaa valittaessa



Tulokset

- Optimaaliset strategiat näyttäisivät pysyvän optimaalisina → strategiaa valittaessa riittää tarkastella pelkästään optimaalisia strategioita



Kiitos!