



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Huollon optimointimalli jatkuvasti monitoroidulle monikomponenttijärjestelmälle (valmiin työn esittely)

Petra Lähteenmäki

26.08.2022

Ohjaaja: *DI Jussi Leppinen*

Valvoja: *Prof. Antti Punkka*

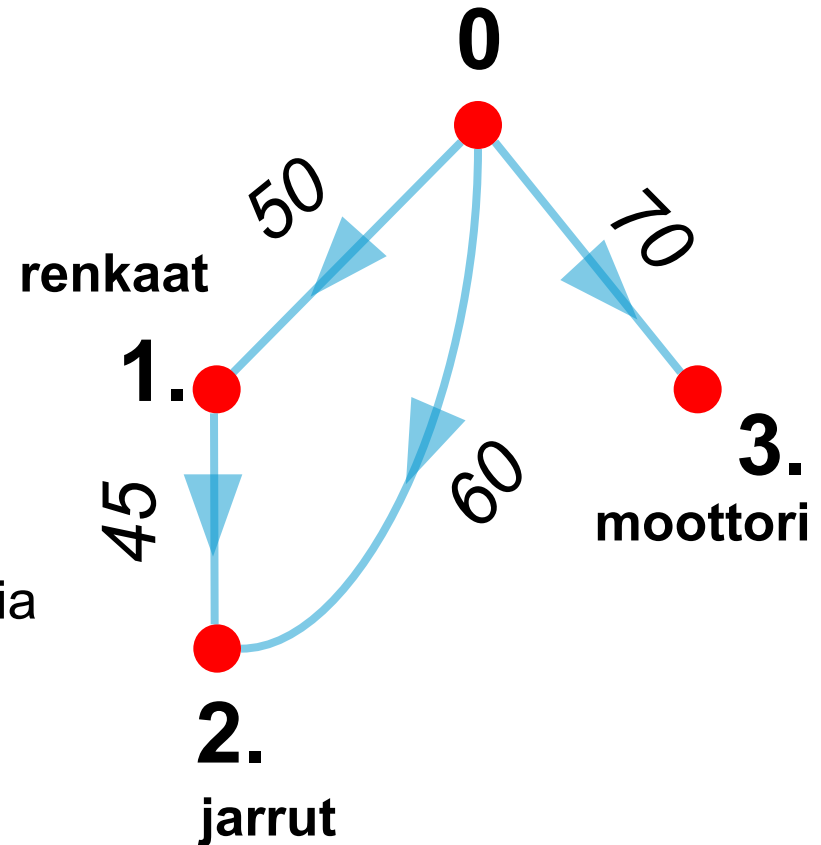
Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Tausta

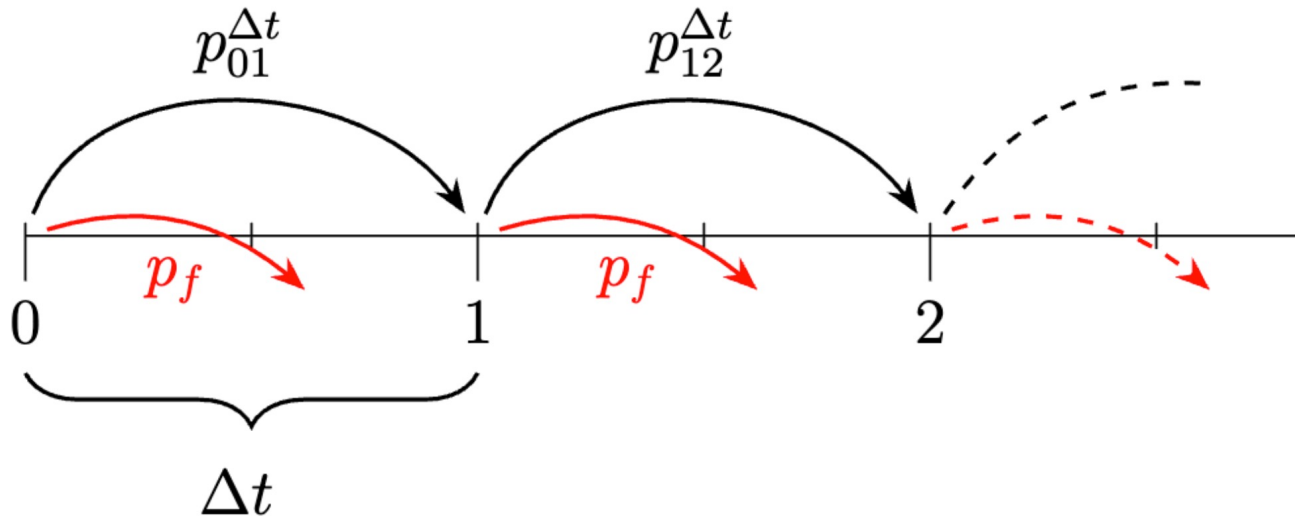
- Halutaan löytää optimaalinen huollon aikataulu monikomponenttijärjestelmälle
 - Minimoidaan kokonaiskustannukset
 - Pidetään systeemin toiminta luotettavana
- Mallinnetaan diskontattuna Markovin päätösprosessina (Leppinen ym., 2022)
- Kuntoon perustuva huolto
 - Jatkuva monitorointi antaa tietoa komponentin todellisesta kunnosta

Esimerkkijärjestelmä

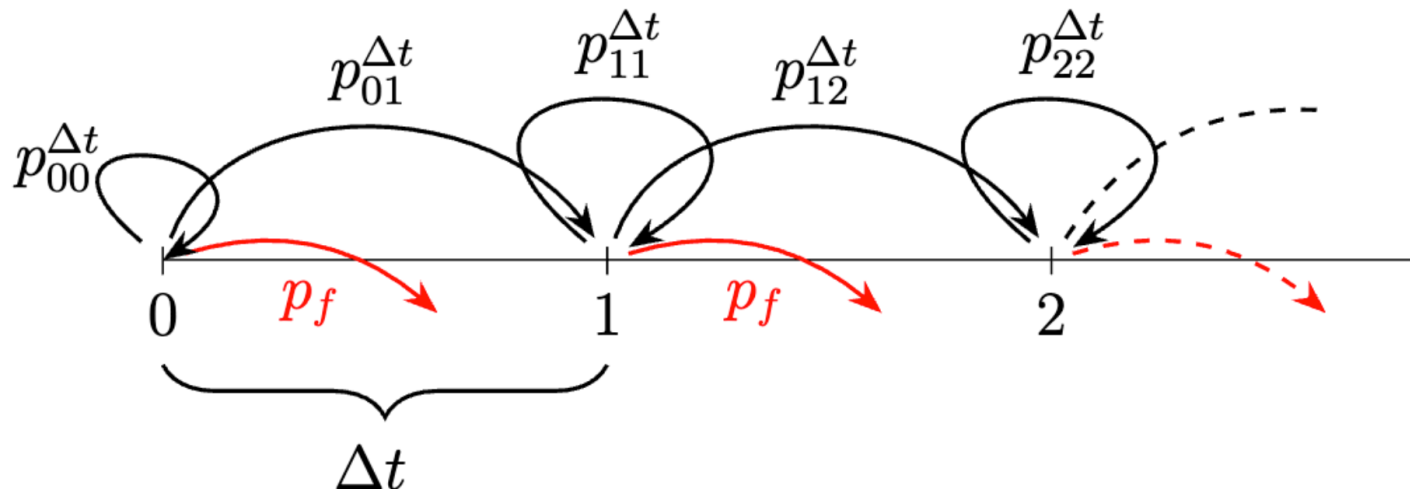
- Kolmen komponentin järjestelmä
 - Positiivinen taloudellinen riippuvuus
 - Kaikki komponentit ovat kriittisiä
 - Huollossa korvataan vikaantuneet komponentit uusilla
- Voidaan monitoroida yhtä komponenttia
 - Komponentti ei ikäänny eikä vikaannu todennäköisyydellä p_{ij} , jota kuvataan jakaumalla P_{stay}



Komponentin käyttäytyminen ilman monitorointia

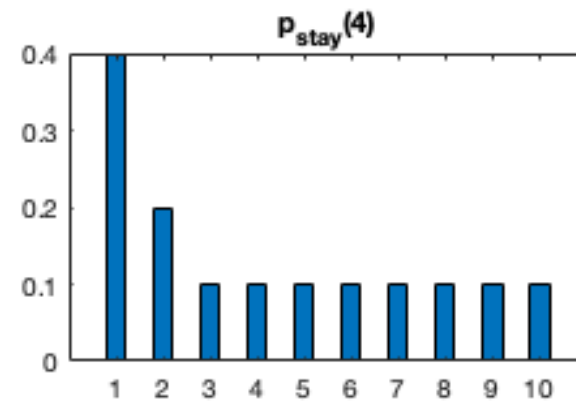
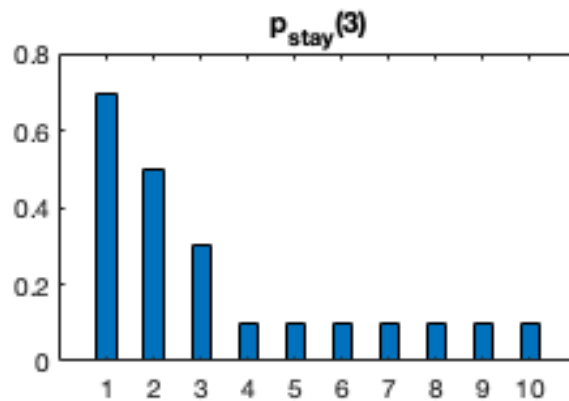
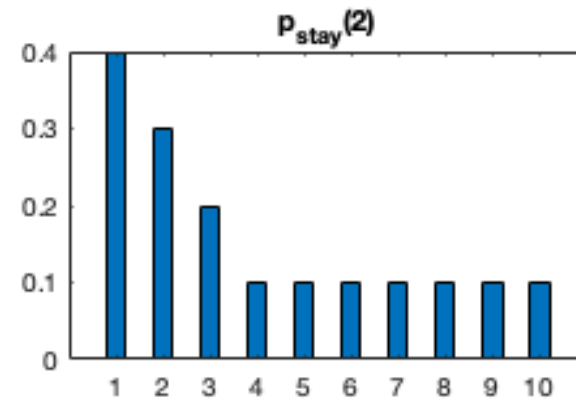
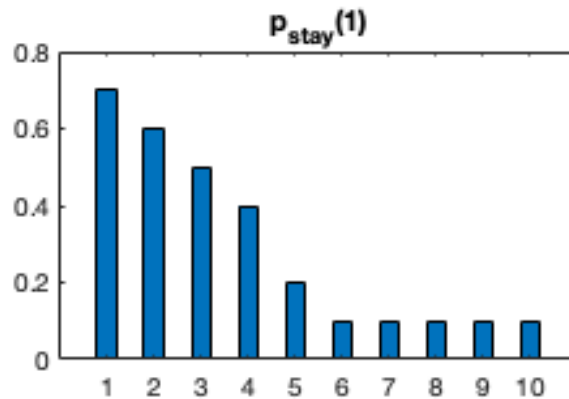


Monitoroidun komponentin käyttäytyminen



Vikaantumistodennäköisyys p_f ei muutu monitoroinnin myötä.

P_{stay} -esimerkkijakaumat



Mallin ratkaisu

- Optimaalinen huoltopolitiikka löydetään Policy Iteration –algoritmilla (Howard, 1960)
- Modified Policy Iteration helpottaa algoritmin laskennallisia vaatimuksia
 - Anderson-kiihdytys
 - Gauss-Seidel –metodi

Tulokset

- Arvioidaan mallin toimintaa Monte Carlo –simulaation avulla
- Tutkitaan P_{stay} -jakauman ja monitoroitavan komponentin vaikutusta
 - Huoltotoimenpiteiden lukumäärä
 - Komponenttien ikä huoltotoimenpiteen aikaan
 - Kustannusvertailu

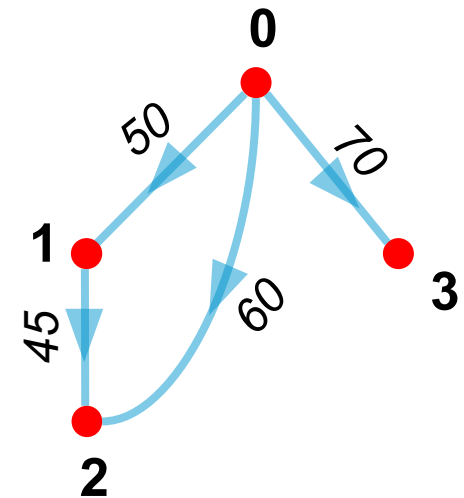
Huoltojen lukumäärä

		Monitorointi			
		komp. 1	komp. 2	komp. 3	Ilman
Huoltojen lkm	komp. 1	26,6	34,6	35,7	35,1
	komp. 2	25,6	12,3	19,5	18,1
	komp. 3	26,3	33,6	16,4	33,8

Huoltojen keskimääräiset lukumäärät eri komponenteille, kun monitoroinnissa on käytetty jakaumaa $p_{stay}(1)$.

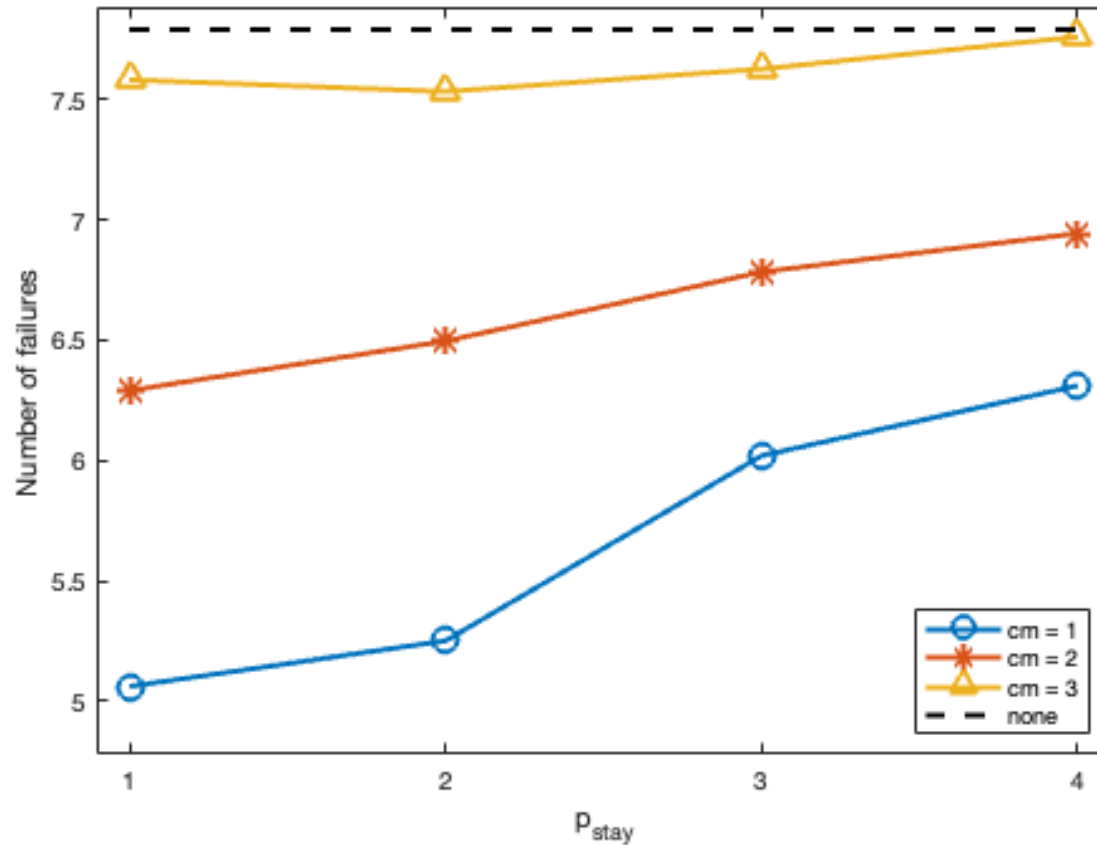
Komponenttien ikä huollon aikaan eri portfolioissa

Huolto-portfolio	Keskimääräisen iän muutos		
	komp. 1	komp. 2	komp. 3
{2}	0	4,57	1,14
{3}	1,00	5,91	8,00
{1,2}	-0,20	-1,24	0
{1,3}	-0,18	-0,04	0,01
{1,2,3}	-0,67	-2,76	1,15
{}	-0,43	-1,13	0,41

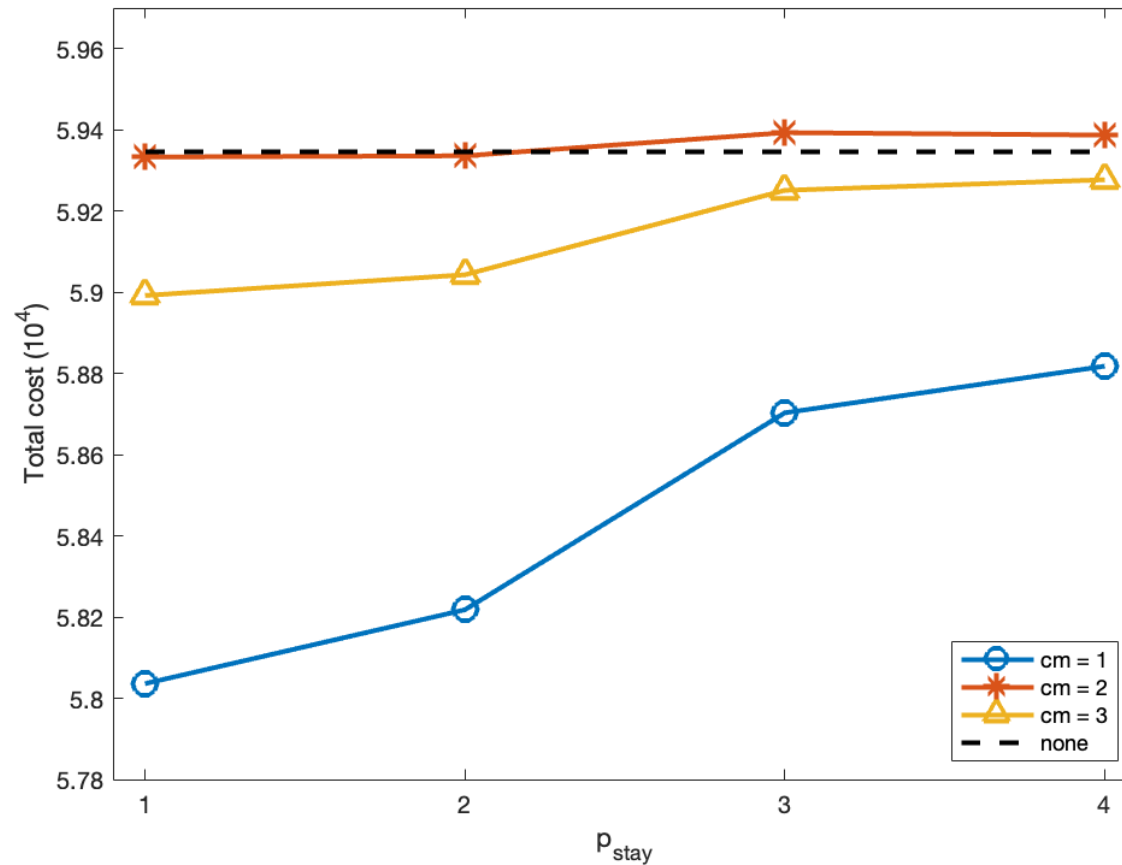


Komponenttien keskimääräisen huoltoiän muutos verrattuna monitoroimattomaan tilanteeseen, kun monitoroidaan komponenttia 1.

Vikaantumisten lukumäärä



Kokonaiskustannusten vertailu



Yhteenveto

- P_{stay} -jakauman valinta on merkittävä tulosten kannalta
- Monitoroinnin avulla on mahdollista saavuttaa kustannussäästöjä
- Tarkastelukohtia tulevaisuuteen
 - Tutkitaan komponentteja, jotka ikääntyvät odotettua nopeammin
 - Monitoroidaan useaa komponenttia samanaikaisesti

Kirjallisuus

- Leppinen J., Punkka A., Ekholm T. (2022) : Dynamic optimization model for maintenance scheduling of a multi-component system with economic and structural dependencies. *Submitted to Reliability Engineering & System Safety.*
- Andersen J. F., Andersen A. R, Kulahci M., Nielsen B. F. (2022) : A numerical study of Markov decision process algorithms for multicomponent replacement problems. *European Journal of Operational Research*
- Howard R. A. (1960) : *Dynamic Programming and Markov Processes.*