



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Tuotantoprosessin optimaalinen aikataulutus (valmiin työn esittely)

Joona Kaivosoja

01.12.2014

Ohjaaja: DI *Ville Mäkelä*

Valvoja: Prof. *Ahti Salo*

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

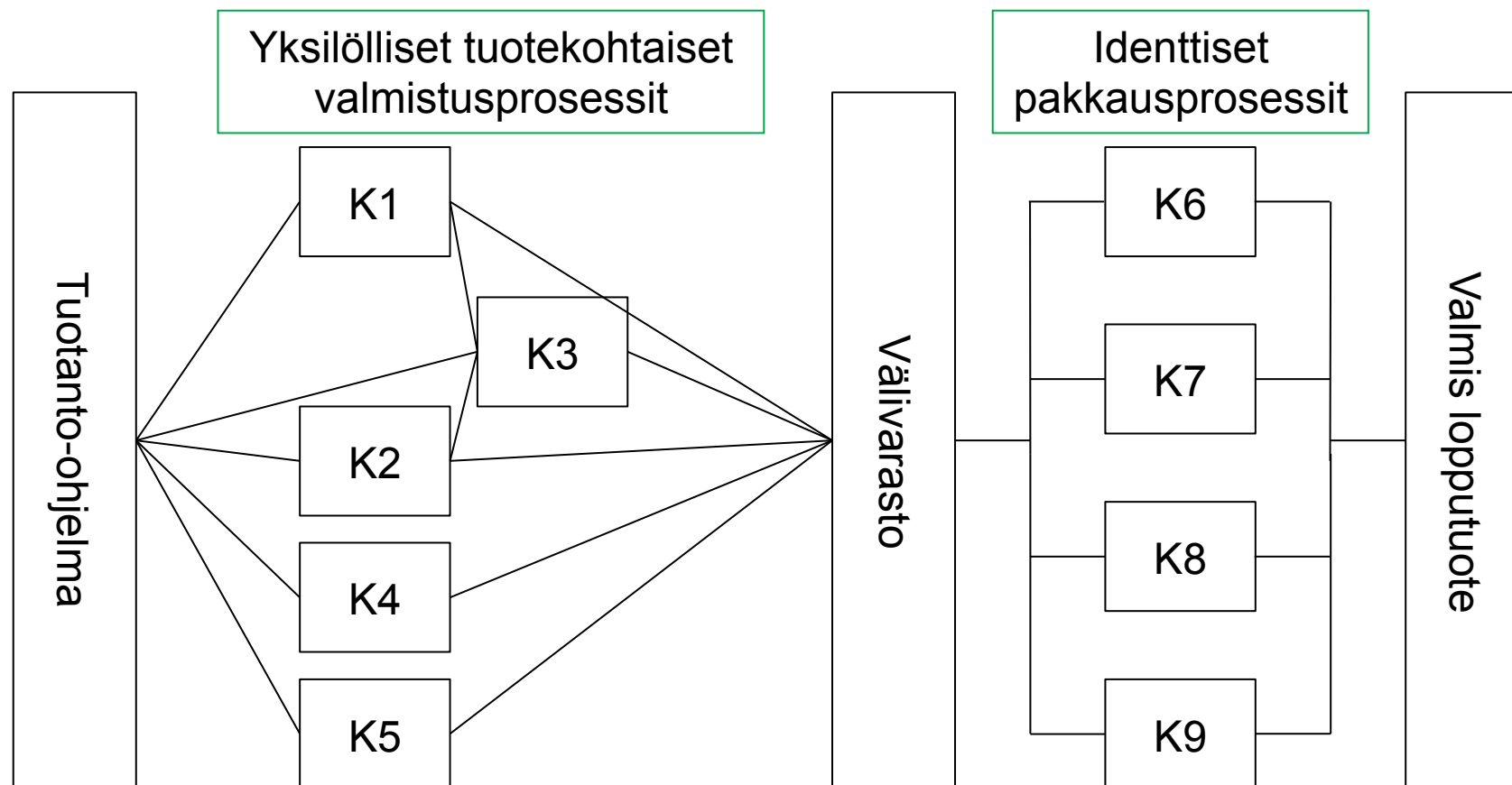
Tavoitteet

- Kehittää lineaarinen sekalukuoptymointimalli (MILP) tuotanto-ohjelman läpäisyajan minimointiin.
- Tutkia tuotanto-ohjelman koon vaikutusta tehtävän ratkaisuaikaan.
- Tutkia yksinkertaisten heuristiikkojen toimintaa tehtävän ratkaisussa.

Sanasto

- **Tuotanto-ohjelma** = joukko tuote-eriä, jotka on valmistettava tuotantosysteemissä
- **Läpäisyaika** = tuotanto-ohjelman valmistamiseen kuluva aika
- **Asetusaika** = tuotantokoneella puhdistamiseen, osien vaihtoon yms. käytettävä aika, kun tuote-erä koneella vaihtuu
- **Hienosuunnittelu** = tuotanto-ohjelman valmistuksen aikataulutus koneille ja muille tarvittaville resursseille

Valmistus- & pakkausprosessi



Menetelmät ja työkalut

- Lineaarinen sekalukuoptimointimalli
- Monte Carlo -algoritmi
- Geneettinen algoritmi
- Prioriteettisäännöt SPT ja SST

Lineaarinen sekalukuoptimointimalli

- Päättösmuuttujat:
 - $t_{i,k}$ = tuote-erän i aloitusaika koneella k
 - $x_{i,j,k}$ = tuote-erä i edeltää tuote-erää j koneella k
 - C_{max} = tuotanto-ohjelman läpäisy aika
 - Rajoitusehdot
 - tuote-erien järjestykset koneilla
 - tuote-erien valmistaminen vain tietyillä koneilla
 - vain yksi tuote-erä koneella kerrallaan
 - tuotteiden aloitusta rajoittavat asetusajat
 - Esimerkiksi eräessä 8 tuote-erän tehtävässä 337 päätösmuuttujaa ja 669 rajoitusehtoa.
-

Monte Carlo -algoritmi

- Epävarma tulos, deterministinen aika
- Yksinkertainen toteuttaa
- Arpoo 100 000 kpl käypiä aikatauluja ja palauttaa läpäisyajaltaan parhaan aikataulun

Geneettinen algoritmi

- Jäljittelee evolutiivisen prosessin ominaisuuksia
 - kromosomeista muodostuva populaatio
 - sopivuusfunktio
 - risteytysoperaattori
 - mutaatio-operaattori
- Populaation koko 1000 ja sukupolvien määrä 100
- Kromosomiesityksenä valmistusaikataulu ja pakkausaikataulu

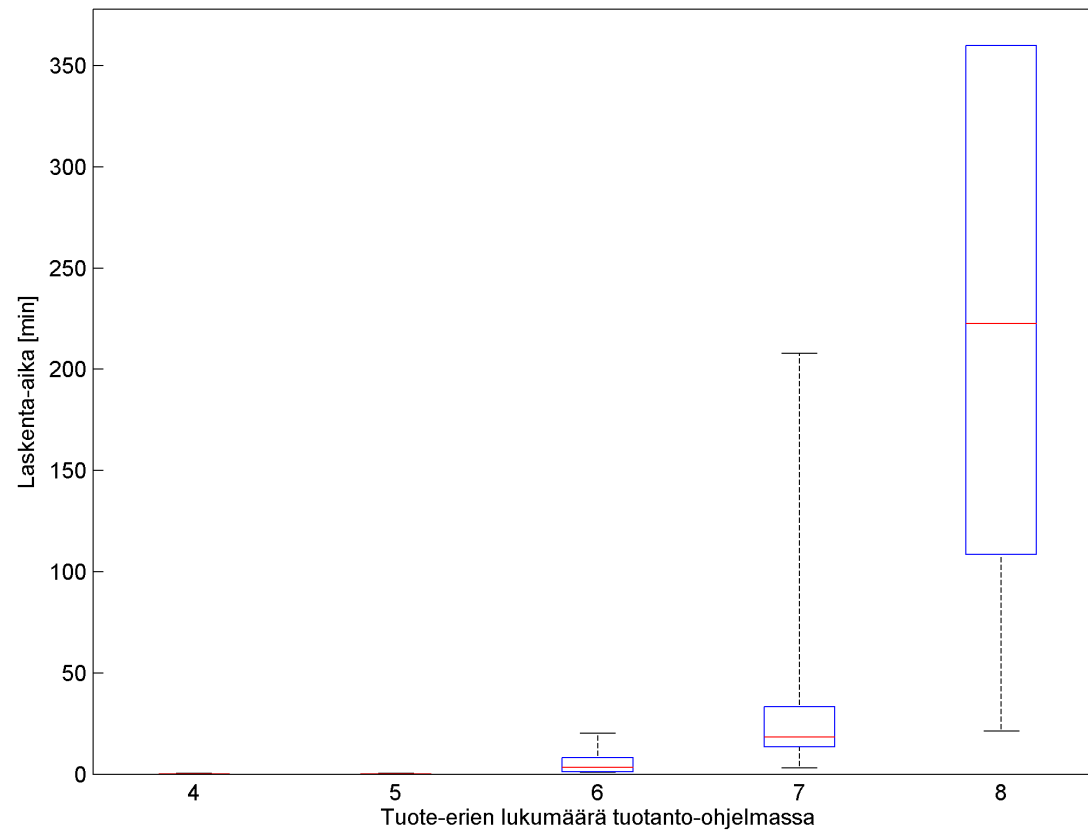
Prioriteettisäännöt

- Prioriteettisäännöt ovat luokka heuristisia menetelmiä, joissa yksittäiset aikataulutuspäätökset tehdään yksinkertaisten prioriteettisääntöjen perusteella.
- SPT (Shortest Processing Time) on yksi käytetyimmistä prioriteettisäännöistä, ja sitä käytetään uusien heuristiikkojen benchmarkkaukseen.
- Työssä SPT:tä sovellettiin siten, että prosessointiaikana käytettiin asetustajan ja prosessiajan summaa.
- SST (Shortest Setup Time) määrittää tuote-erän prioriteetin sen asetustajan mukaan.

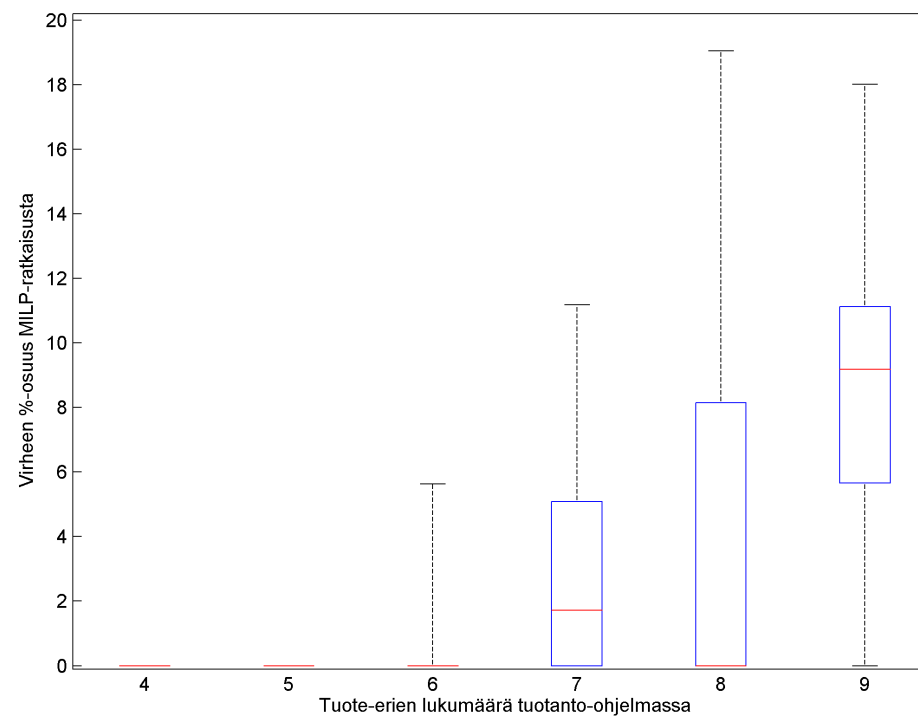
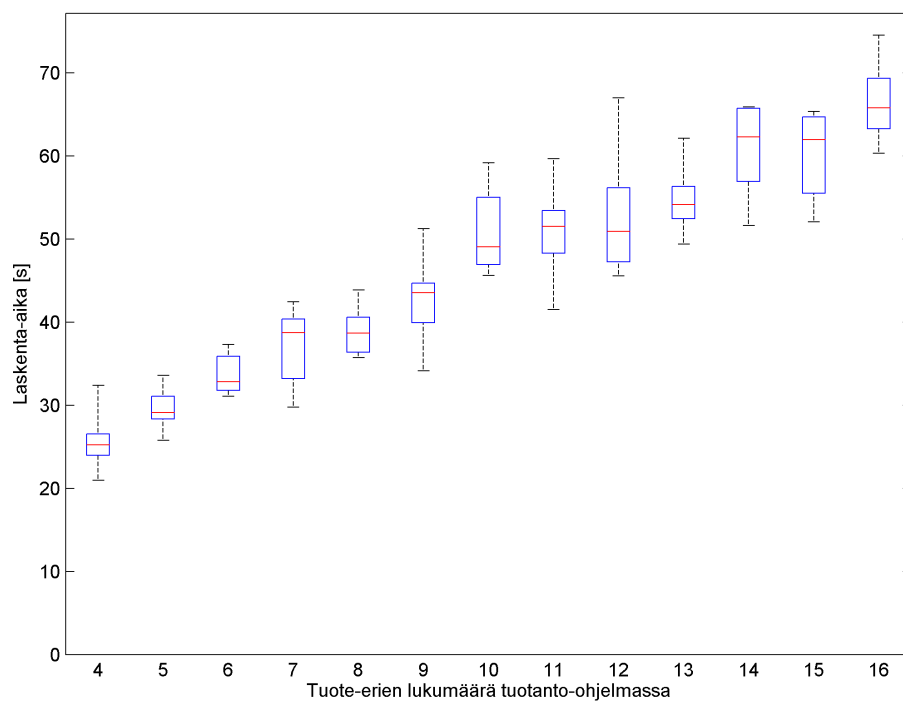
Tulokset

- Tuotantosysteemistä luotiin yhteensä 130 testiongelmaa
 - 10 ongelmaa jokaiselle tuotanto-ohjelman koolle 4-16 tuote-erää
 - 9 konetta
 - 8 erilaista tuotetta
- Algoritmien suoritusajkoja mitattiin Matlabin funktioilla *tic* ja *toc* siten, että muuttujien alustuksiin kuluva-aikaa ei mitattu.
- Algoritmeja arvioitiin sekä niiden laskenta-aikojen että tulosten laadun suhteen.

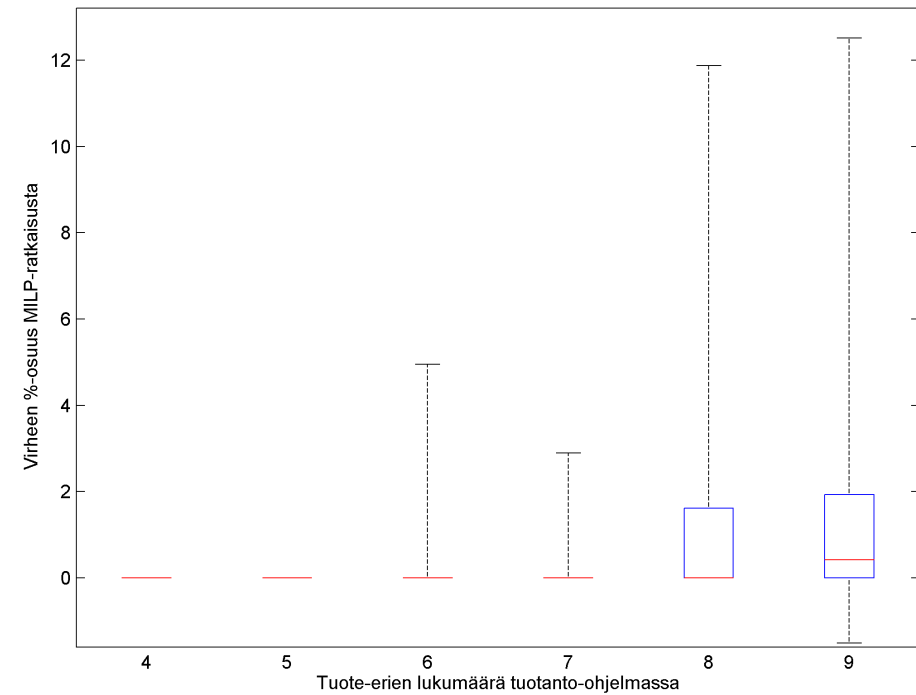
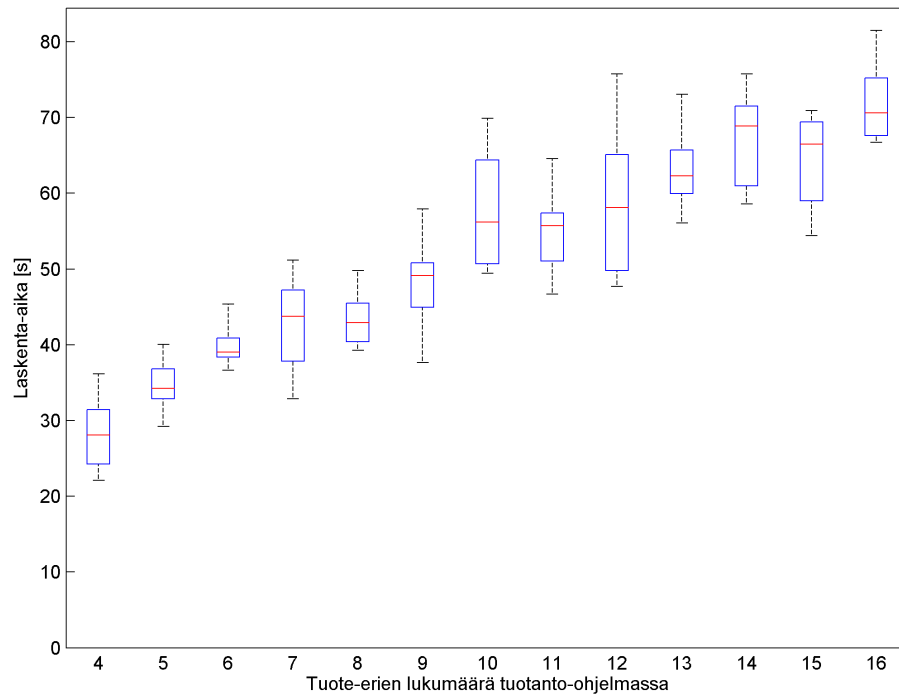
Tulokset: lineaarinen sekalukuoptimointimalli



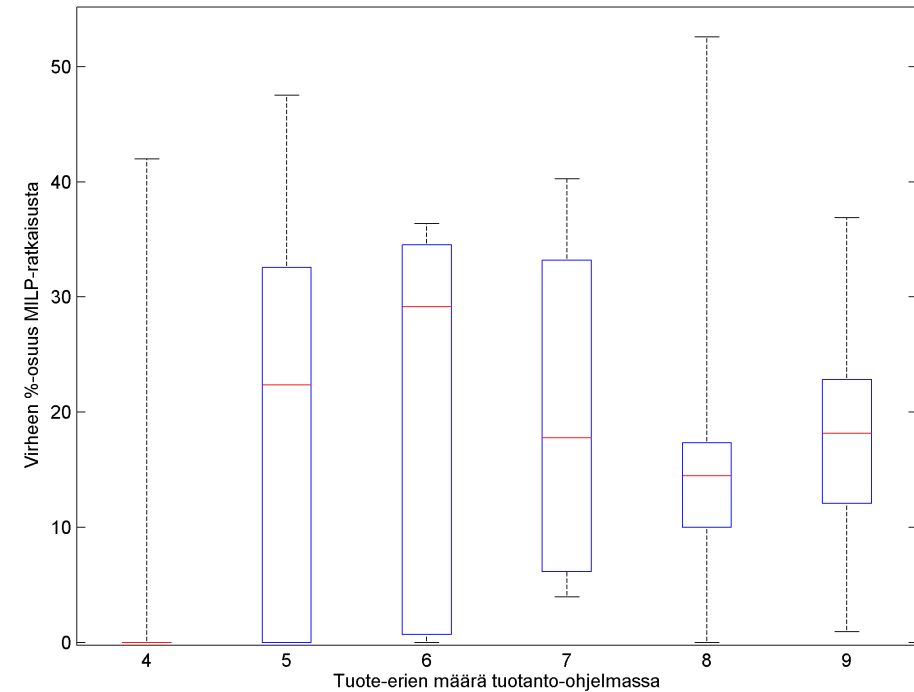
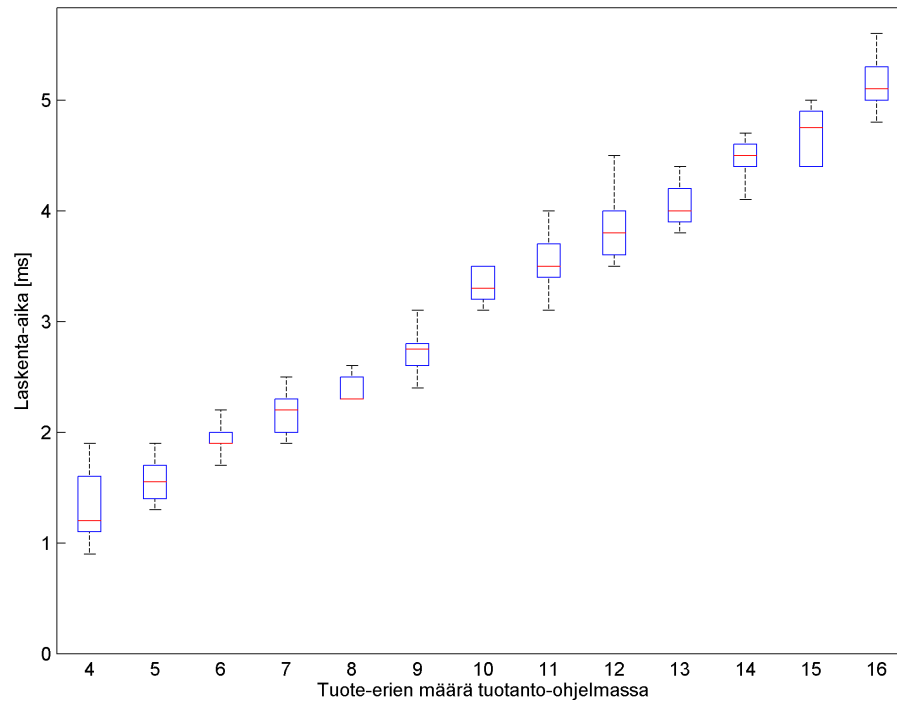
Tulokset: Monte Carlo -algoritmi



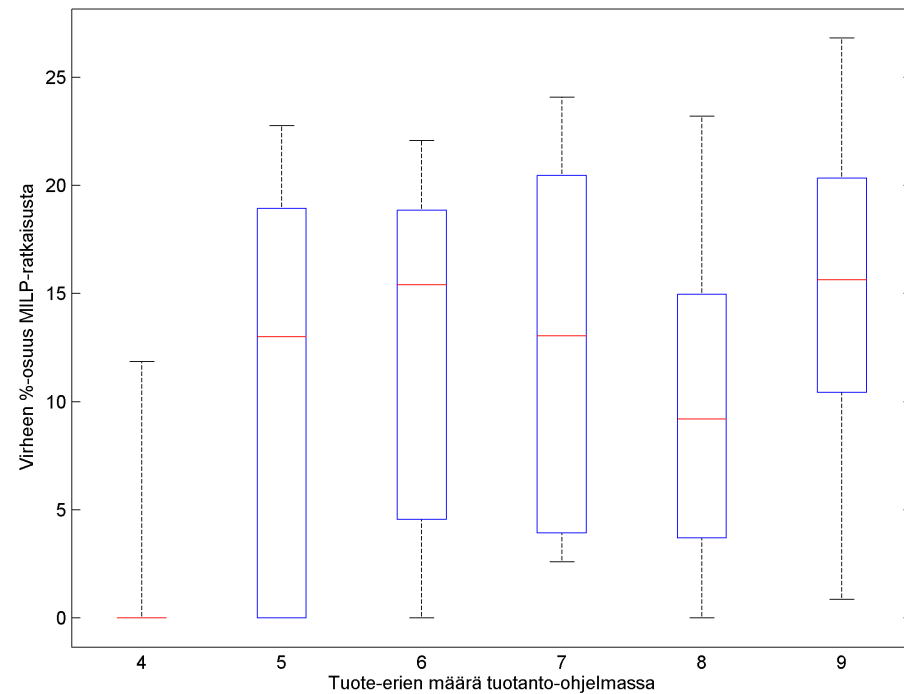
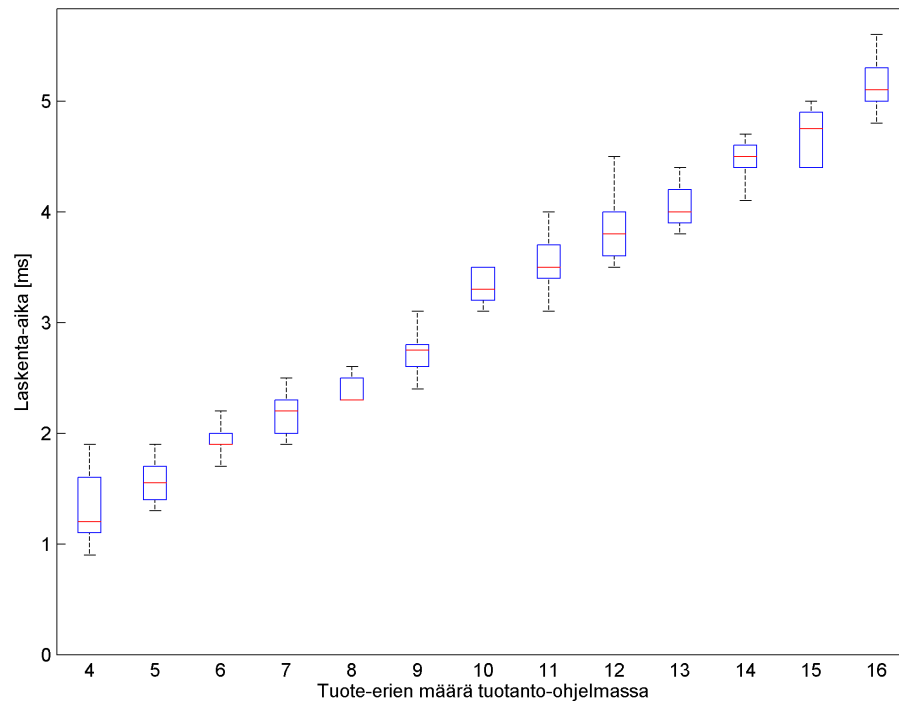
Tulokset: geneettinen algoritmi



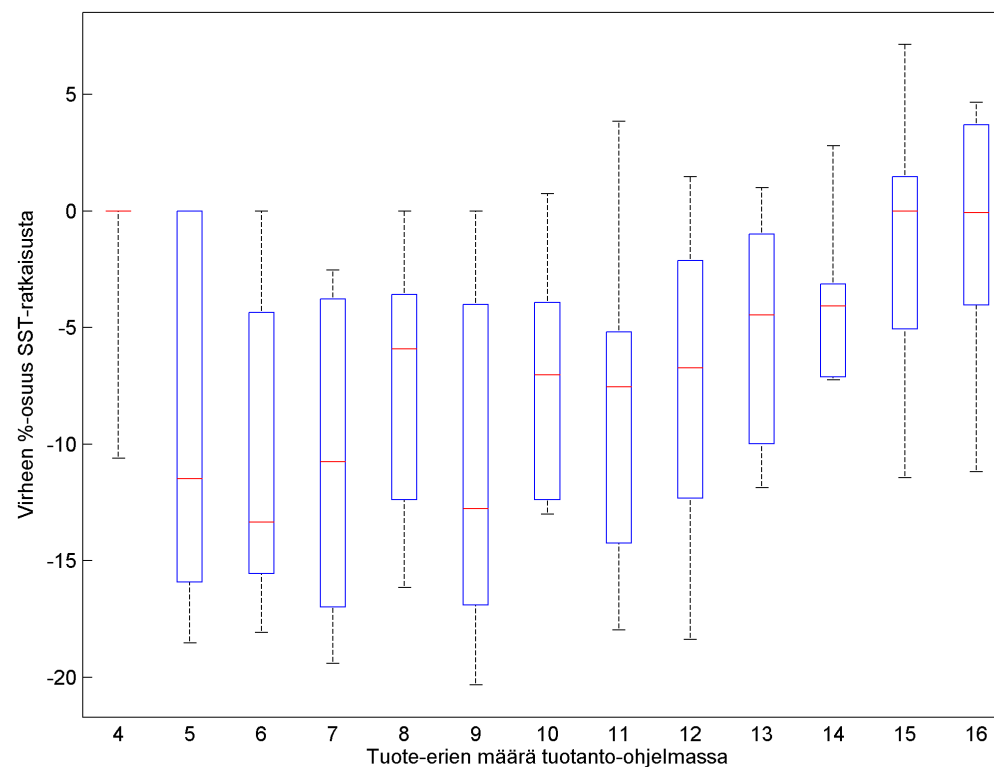
Tulokset: SPT prioriteettisääntö



Tulokset: SST prioriteettisääntö



Tulokset: geneettinen algoritmi vs SST



Johtopäätökset

- Lineaarisen sekalukuoptymointimallin tarkka ratkaisu voidaan laskea vain pienille tehtäville.
- Geneettinen algoritmi oli testien perusteella lupaavin työkalu aikataulutussyngelman ratkaisemiseen.
- Heuristiikkojen tulosten laadun arviointi haastavaa isokokoisilla ongelmissa.
- Mahdollisia jatkotutkimusten aiheita esimerkiksi erilaiset hybridialgoritmit.