



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

PEAST-algoritmin soveltaminen hoitajien aikataulutukseen

Vertailu Branch-and-Price- ja ejektioketjualgoritmeihin

Olli Niskanen

11.4.2018

Ohjaaja: Prof. Yrjänä Haahtela

Valvoja: Prof. Harri Ehtamo

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

Työn tavoite

- Tutkia PEAST-algoritmin soveltuvuutta sairaanhoitajien työvuoro-ongelmaan
- Vertailukohtina Branch & Price ja ejektioketjupohjainen hakualgoritmi

Työvuorosuunnitteluongelman rakenneosat

- Henkilöstö
- Taidot
- Vuorotyypit
- Säännöt
- Suunnittelujakso

Työvuorosuunnitteluongelman rakenneosat

		Päivä		
		1	2	3
Työntekijä	A	D (9 - 17) alkio	Vapaa D (9 - 17)	Vapaa rivi = työntekijä
	B	D (9 - 17)	D (9 - 17)	D (9 - 17)
	C	Vapaa sarake = päivä	D (9 - 17)	D (9 - 17)

Diagram illustrating a shift scheduling problem structure. The table shows employee assignments (D (9 - 17) or Vapaa) across three days (1, 2, 3) for three employees (A, B, C). Annotations include 'alkio' (initial condition) for employee A on day 1, 'siirto' (transfer) from day 2 to day 3, and 'rivi = työntekijä' (row = employee) and 'sarake = päivä' (column = day).

Kuva 2.1: Aikataulutuksen rakenneosat

Testiaineisto

Taulukko 2.1: Osa tuloksista testiaineistoon (Curtois ja Qu, 2014)

Ongelma	Viikkoja	Hoitajia	Vuoroja	Ejektioketju	Branch-and-Price	
				Ratkaisu	Ratkaisu	Aika (s)
#1	2	8	1	607	607	0.27
#2	2	14	2	923	828	0.13
#3	2	20	3	1003	1001	0.45
#4	4	10	2	1719	1716	1.50
#5	4	16	2	1439	1160	25.51
	
#20	26	50	6	23431	Muisti loppui	-
#21	26	100	8	38294	Muisti loppui	-
#22	52	50	10	-	Muisti loppui	-
#23	52	100	16	-	Muisti loppui	-
#24	52	150	32	-	Muisti loppui	-

Optimointimalli

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} q_{idt}(1 - x_{idt}) + \sum_{i \in I} \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} p_{idt} x_{idt} + \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} y_{dt} v_{dt}^{\min} + \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} z_{dt} v_{dt}^{\max}, \quad (3.1)$$

$$\sum_{t \in T} x_{idt} \leq 1, \quad \forall i \in I, d \in D, \quad (3.2)$$

$$x_{idt} + x_{i(d+1)u} \leq 1, \quad \forall i \in I, d \in \{1 \dots h-1\}, t \in T, u \in R_t, \quad (3.3)$$

$$\sum_{d \in D} x_{idt} \leq m_{it}^{\max}, \quad \forall i \in I, t \in T, \quad (3.4)$$

$$b_i^{\min} \leq \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} l_t x_{idt} \leq b_i^{\max}, \quad \forall i \in I, \quad (3.5)$$

$$\sum_{j=d}^{d+c_i^{\max}} \sum_{t \in T} x_{ijt} \leq c_i^{\max}, \quad \forall i \in I, d \in \{1 \dots h - c_i^{\max}\}, \quad (3.6)$$

$$\sum_{t \in T} x_{idt} + \left(s - \sum_{j=d+1}^{d+s} \sum_{t \in T} x_{ijt} \right) + \sum_{t \in T} x_{i(d+s+1)t} > 0, \quad (3.7)$$

$$\forall i \in I, s \in \{1 \dots c_i^{\min} - 1\}, d \in \{1 \dots h - (s+1)\},$$

$$\left(1 - \sum_{t \in T} x_{idt} \right) + \sum_{j=d+1}^{d+s} \sum_{t \in T} x_{ijt} + \left(1 - \sum_{t \in T} x_{i(d+s+1)t} \right) > 0, \quad (3.8)$$

$$\forall i \in I, s \in \{1 \dots o_i^{\min} - 1\}, d \in \{1 \dots h - (s+1)\},$$

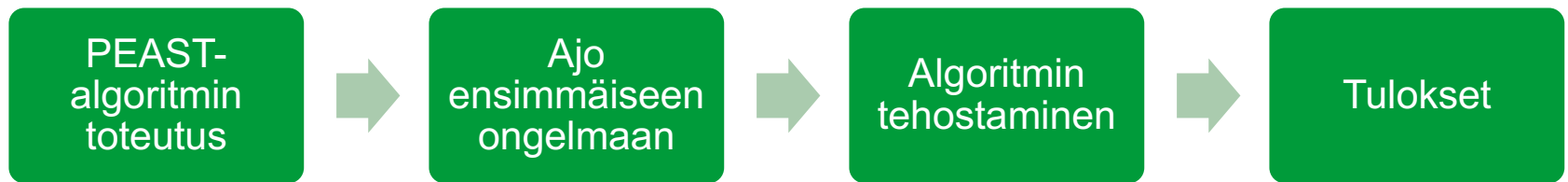
$$k_{iw} \leq \sum_{t \in T} x_{i(\tau w-1)t} + \sum_{t \in T} x_{i(\tau w)t} \leq 2k_{iw}, \quad \forall i \in I, w \in W$$

$$\sum_{w \in W} \leq a_i^{\max}, \quad \forall i \in I, \quad (3.9)$$

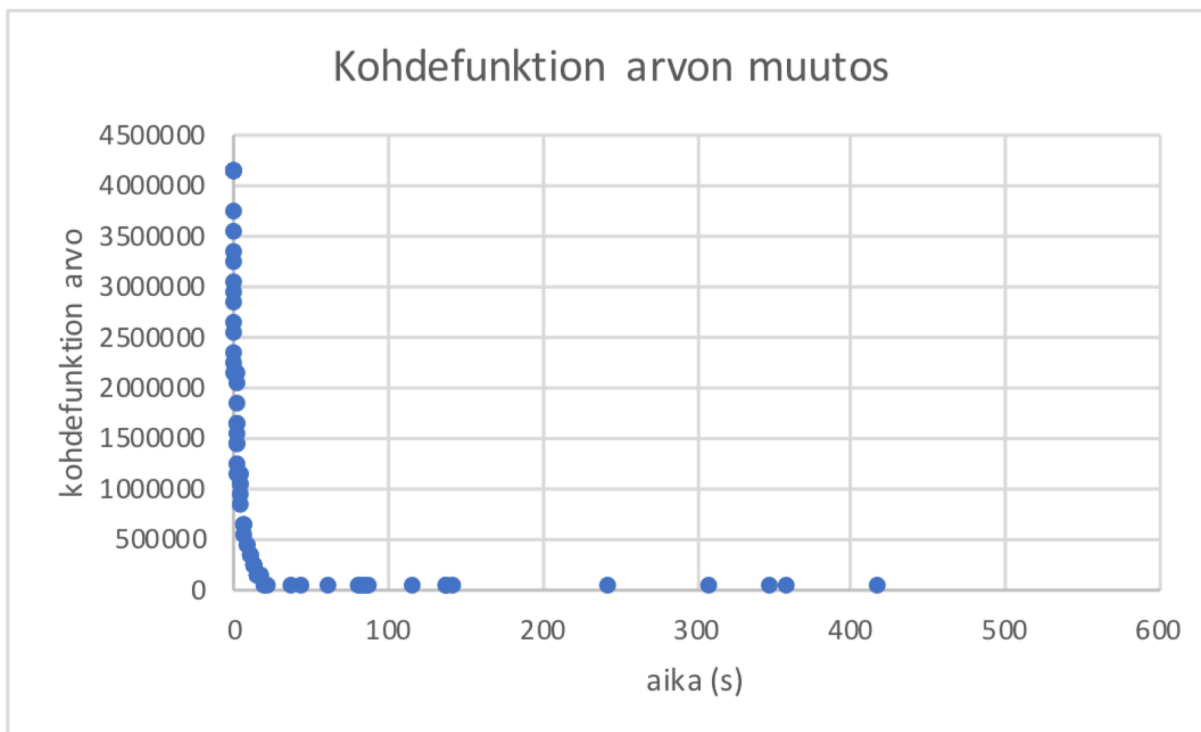
$$x_{idt} = 0, \quad \forall i \in I, d \in N_i, t \in T, \quad (3.10)$$

$$\sum_{i \in I} x_{idt} - z_{dt} + y_{dt} = u_{dt}, \quad \forall d \in D, t \in T \quad (3.11)$$

Vertailun toteutus

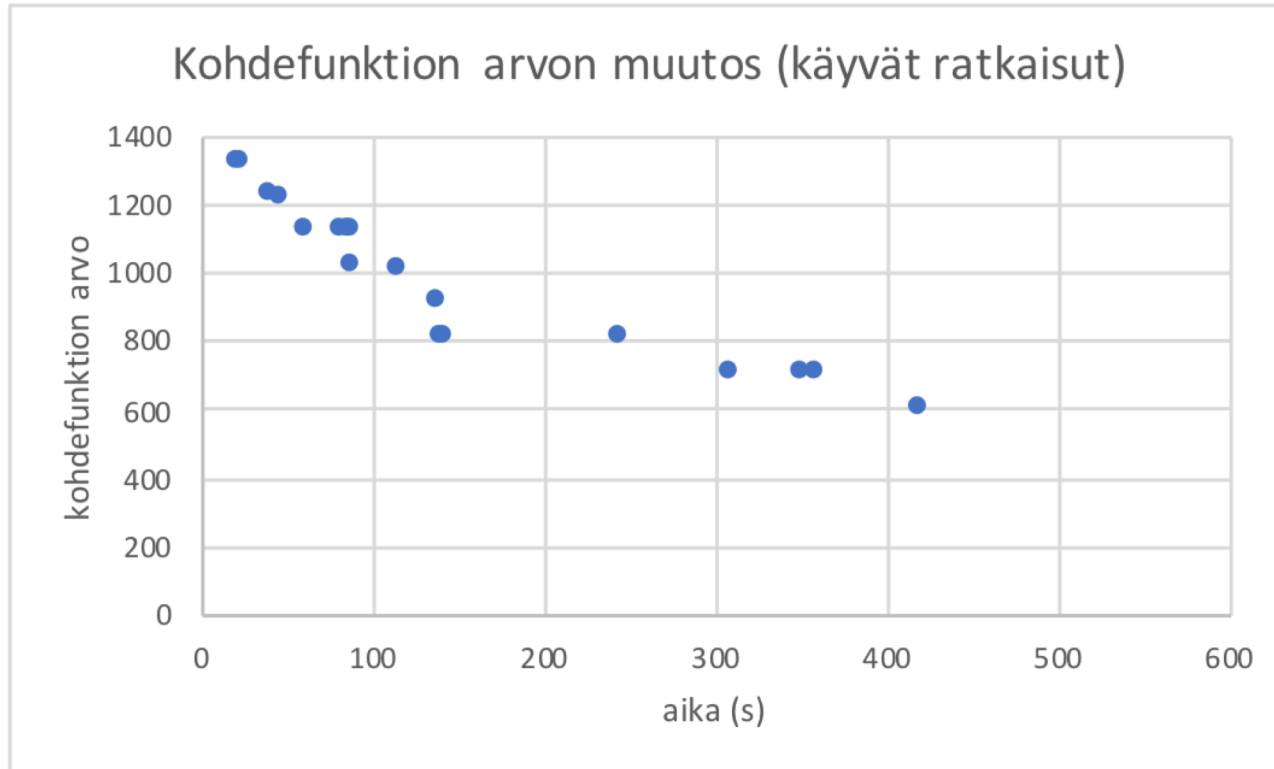


Tulokset 1/4



Kuva 4.1: Kohdefunktion arvon kehittyminen algoritmin ajon aikana

Tulokset 2/4



Kuva 4.2: Kohdefunktion arvon kehittyminen käyvän ratkaisun löytymisen jälkeen

Tulokset 3/4

Taulukko 4.2: Paras PEAST-algoritmilla löydetty ratkaisu ongelmaan 1. Kohdefunktion arvo 608.

Työntekijä	Päivä													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A		D	D	D	D					D	D		D	D
B	D	D	D	D	D			D	D			D	D	
C	D	D	D			D	D	D			D	D		
D	D	D				D	D	D	D	D				
E		D	D	D	D			D	D			D	D	D
F	D	D	D	D				D	D	D			D	D
G			D	D	D			D	D			D	D	D
H	D	D			D	D			D	D	D	D		

Löydetty ratkaisu

Taulukko 4.3: Optimaaliseksi osoitettu aikataulu (Curtois, 2014). Kohdefunktion arvo 607.

Työntekijä	Päivä																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
A		D	D	D	D					D	D		D	D				
B	D	D	D	D	D				D	D			D	D	D			
C	D	D	D				D	D			D	D	D					
D	D	D					D	D	D	D	D							
E		D	D	D	D					D	D			D	D	D		
F	D	D	D								D	D	D			D	D	
G				D	D	D					D	D				D	D	D
H	D	D							D	D				D	D	D	D	

Vertailukohta

Tulokset 4/4

Taulukko 4.2: Paras PEAST-algoritmilla löydetty ratkaisu ongelmaan 1. Kohdefunktion arvo 608.

Työntekijä	Päivä													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A		D	D	D	D			D	D	X		D	D	X
B	D	D	D	D	D			D	D			D	D	D
C	D	D	D			D	D	X		D	D	D		
D	D	D				D	D	D	D	D				
E		D	D	D	D			D	D			D	D	D
F	D	D	D	X				D	D	D			D	D
G			D	D	D			D	D			D	D	D
H	D	D			D	D			D	D	D	D		

Löydetty ratkaisu
(kohdefunktio 608)

Taulukko 4.3: Optimaaliseksi osoitettu aikataulu (Curtois, 2014). Kohdefunktion arvo 607.

Työntekijä	Päivä													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A		D	D	D	D			D	D			D	D	
B	D	D	D	D	D			D	D			D	D	D
C	D	D	D				D	D			D	D	D	
D	D	D					D	D	D	D	D			
E		D	D	D	D			D	D			D	D	D
F	D	D	D					D	D	D			D	D
G			D	D	D			D	D			D	D	D
H	D	D						D	D			D	D	D

Vertailukohta
(kohdefunktio 607)

Johtopäätökset & pohdintaa

- Algoritmin toteutus nollasta vaatii huomattavasti ohjelmointityötä (vertailukohtana maailman parhaat!)
- PEAST on algoritmina monipuolinen, parametrien valinta ei suoraviivaista
- Kaupallisen PEAST-algoritmin soveltaminen ko. aineistoon olisi mielenkiintoista