



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Evolutionaariset algoritmit maalien optimaalisessa allokoinnissa (valmiin työn esittely)

Matias Peltoketo

19.01.2021

Ohjaaja: Prof. Kai Virtanen

Valvoja: Prof. Kai Virtanen

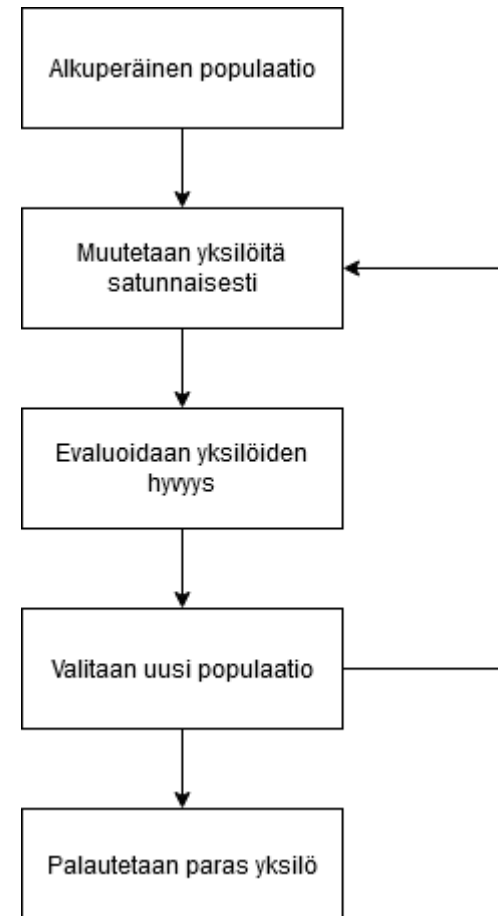
Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Työn sisältö

- Esitellään kaksi evolutionaarista algoritmia
- Esitellään maalien optimaalisen allokoinnin ongelma
- Ratkaistaan ongelma käyttäen työssä esiteltyjä algoritmeja
- Työn tavoitteena on esitellä kahden evolutionaarisen algoritmin toimintaa ja vertailla niitä ratkaisemalla maalien optimaalisen allokoinnin ongelma
- Algoritmien vertailuun käytetään kohdefunktioiden optimiarvoja ja 1000 ratkaisun kohdefunktion optimiarvon jakaumaa

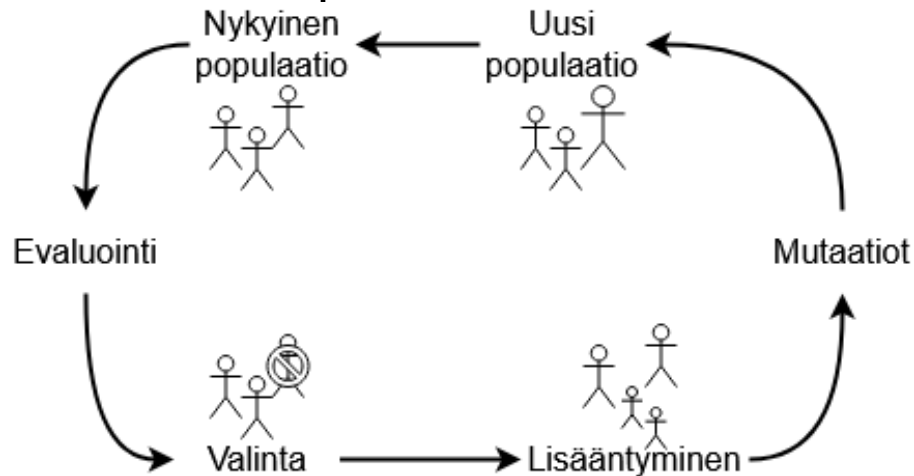
Tausta

- Evolutionaariset algoritmit ovat tehokkaita ratkaisemaan optimointiongelmia
- Nopeutetaan laskentaa ratkaisun optimaalisuuden kustannuksella
- Vertaillaan kahta yleistä algoritmia
 - Geneettinen algoritmi
 - Differentiaalievoluutio



Geneettinen algoritmi (GA)

- Yksi ensimmäisistä evolutionaarisista algoritmeista (Holland, 1992)
 - Kehitetty 1960-luvulla
- Nykyään useita eri variaatioita
- Toimii epäjatkuville ja epälineaarisille kohdefunktioille sekä diskreeteille ongelmille
- Ei jää jumiin lokaaleihin optimikohtiin



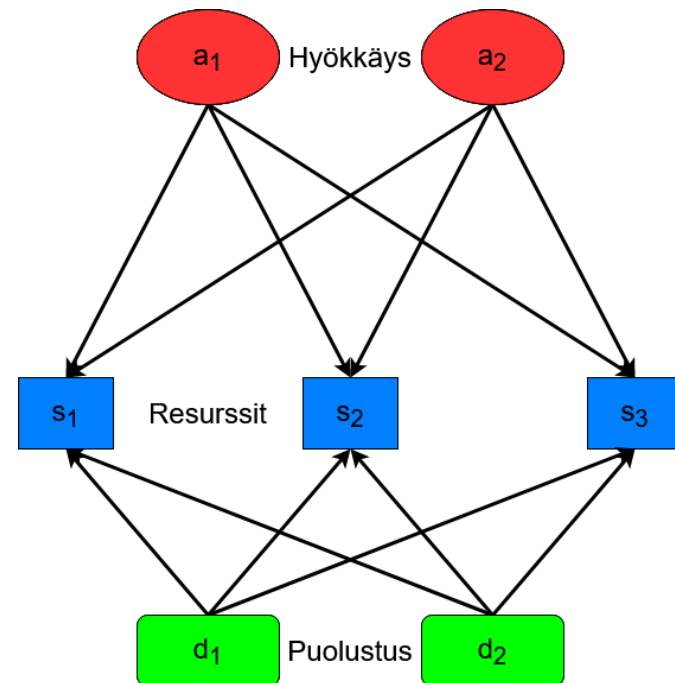
Geneettisen algoritmin populaation muokkaus

Differentiaalievoluutio (DE)

- Kehittänyt Storn ja Price (1997)
- Kehitetty reaaliarvoisille muuttujille
 - Työssä tarkastellaan diskreeteille muuttujille soveltuvaa versiota
- Toimii epälineaarisille ja epäjatkuville kohdefunktioille
- Ei jää jumiin lokaaleihin optimikohtiin
- Käyttää mutaatiota, yhdistämistä ja valintaa muuttujiin

Maalien optimaalinen allokointi (Jaiswal, 2012)

- Tavoitteena optimaalinen puolustussuunnitelma eli paras tapa jakaa puolustusaseet resurssien kesken
- Päätetään eri resursseille annettujen puolustusaseiden määrä
- Yhteensä $A \cdot S \cdot D$ päätösmuuttujaa (x_{dsa})
 - A: erilaisten hyökkäysaseiden määrä, $A = 2$
 - S: erilaisten resurssien määrä, $S = 3$
 - D: erilaisten puolustusaseiden määrä, $D = 2$-> 12 päätösmuuttujaa



a_i : hyökkäysaseen tyyppi
 s_j : resurssin tyyppi
 d_k : puolustusaseen tyyppi

Ongelman parametrit (Jaiswal, 2012)

- Hyökkäyssuunnitelma eli resurssiin s hyökkäävien aseiden a määrä (n_{sa})
- Resurssien arvot (values of assets) $v_s = [400, 300, 200]$
- Onnistuneen puolustamisen todennäköisyys yhdellä puolustavalla aseella d yhtä hyökkäävää asetta s vastaan (k_{dsa})
- Todennäköisyys sille, että hyökkäävä ase a tuhoaa resurssin s (g_{dsa})
- Käytössä olevien puolustusaseiden määrä, $B_d = [100, 50]$

Kohdefunktio ja rajoitusehdot (Jaiswal, 2012)

- Kohdefunktio on jäljelle jääneiden resurssien odotusarvo
 - Jokaiselle resurssille lasketaan erikseen selviämistodennäköisyys hyökkäyksestä
 - Odotusarvo määräytyy resurssien arvojen ja selviämistodennäköisyyksien tulojen summana
- Rajoitusehto on käytössä olevien puolustusaseiden määrä

$$\max_{x_{dsa}} \sum_{s=1}^S v_s \prod_{a=1}^A \left[1 - \left\{ \prod_{d=1}^D (1 - k_{dsa})^{x_{dsa}/n_{sa}} \right\} g_{dsa} \right]^{n_{sa}}$$

$$s. t. \sum_{d=1}^D \sum_{a=1}^A x_{dsa} \leq B_d, \text{ kaikille } d = 1, 2, \dots, D$$

Menetelmät

- Epälineaarinen ja diskreetti optimointiongelma
 - Vaikea ratkaista eksaktilla optimointimenetelmällä
- Käytetään MATLAB:a ongelman ratkaisemiseen
- Geneettinen algoritmi: funktio *ga* (MathWorks, 2020)
- Differentiaalievoluutio: funktio *differential evolution* (Buehrn, 2021)
- Ratkaistaan tehtävä 1000 kertaa kummallakin algoritmilla

Tulokset – Optimaalinen puolustussuunnitelma

- Kumpikin algoritmi löytää optimoinnin tuloksena saman puolustussuunnitelman
- Taulukossa esitellään 1000 iteraation korkeimman kohdefunktion arvon puolustussuunnitelma
 - käytössä olevien puolustusaseiden jakautuminen resursseille ja hyökkäysaseille (kpl per resurssi per hyökkäävä ase)

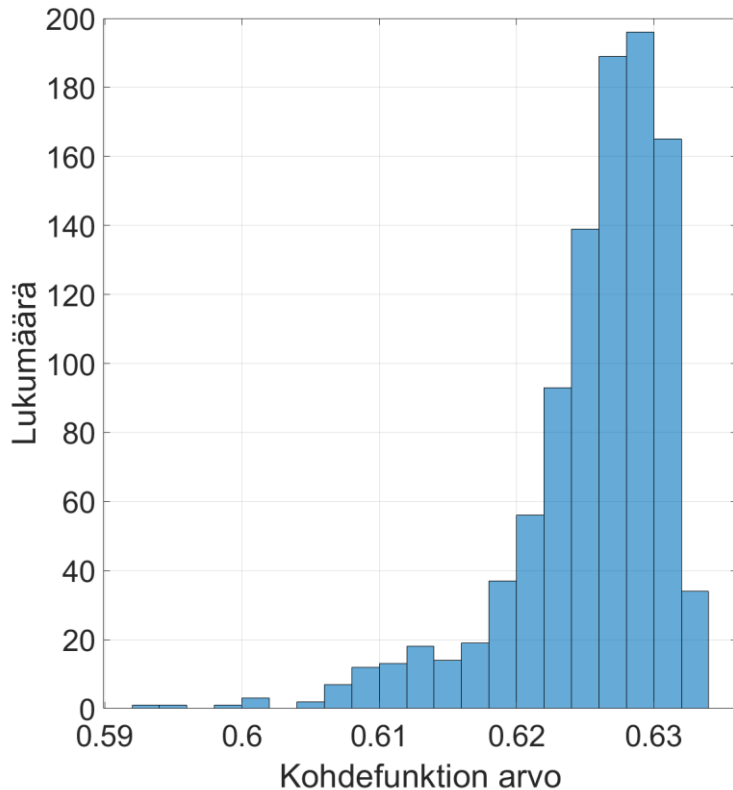
Tyyppi			Puolustussuunnitelma (kpl)	
d	s	a	GA	DE
1	1	1	0	0
2	1	1	5	5
1	2	1	50	50
2	2	1	36	36
1	3	1	0	0
2	3	1	0	0
1	1	2	50	50
2	1	2	0	0
1	2	2	0	0
2	2	2	9	9
1	3	2	0	0
2	3	2	0	0

d: puolustusaseen tyyppi [1,2]

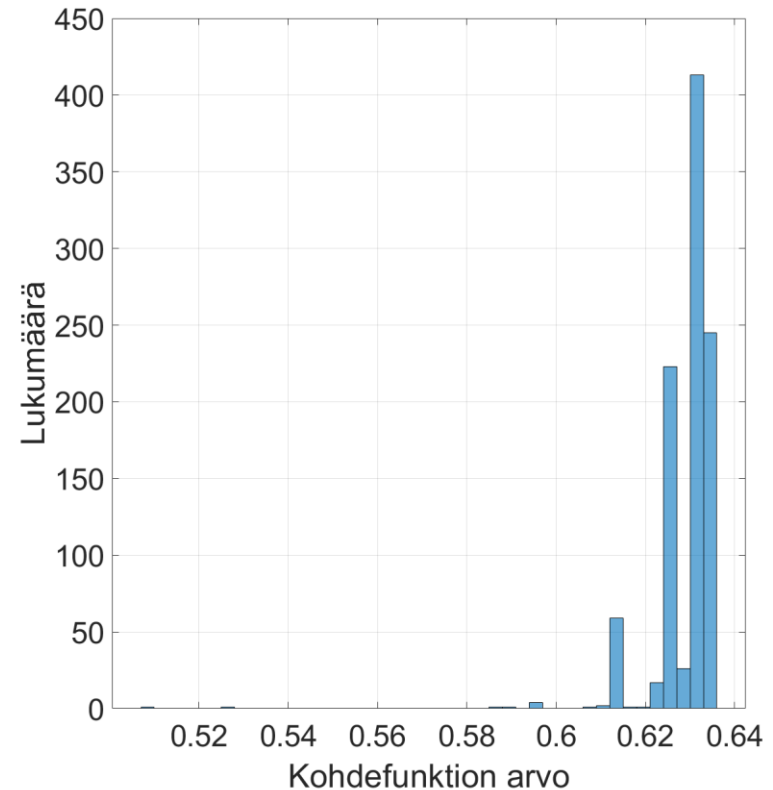
s: resurssi [1,2,3]

a: hyökkäysaseen tyyppi [1,2]

Tulokset – Kohdefunktion arvojen jakauma



GA



DE

Differentiaalievoluutiolla saavutetaan korkeampi kohdefunktion optimiarvo useammin kuin geneettisellä algoritmilla

Yhteenveto (1/2)

- GA ja DE ovat samankaltaisia algoritmeja ja niillä on samanlaisia vahvuuksia
 - Toimivat epälineaarisille ja epäjatkuville funktioille
 - Eivät jää jumiin lokaaleihin optimikohtiin
 - Paljon muunnelmia, toimivat monenlaisille ongelmille
- Kumpikin algoritmi antaa saman puolustus suunnitelman optimiratkaisuksi

Yhteenveto (2/2)

- DE löytää optimiratkaisun lukumäärällisesti useammin kuin GA
- GA:n ja DE:n heikkoutena on, että saatu ratkaisu ei ole aina kohdefunktion globaali optimiarvo
 - Kun ongelma ratkaistaan useita kertoja löydetään todennäköisemmin globaali optimiarvo
- Jatkotutkimusaiheena muiden evolutionaaristen algoritmien (esim. geneettinen ohjelmointi) tarkastelu

Lähteet

- Jaiswal, N. K. (2012). *Military operations research: quantitative decision making* (Vol. 5). Springer Science & Business Media.
- Slowik, A., & Kwasnicka, H. (2020). *Evolutionary algorithms and their applications to engineering problems*. Neural Computing and Applications, 1-17.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT press.
- MathWorks (2020). *Global Optimization Toolbox: User's Guide (R2020b)*. Luettu 29. syyskuuta 2020, https://se.mathworks.com/help/pdf_doc/gads/index.html
- Storn, R., & Price, K. (1997). *Differential evolution—a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces*. Journal of global optimization, 11(4), 341-359.
- Buehren, M, (2021). *Differential Evolution*, MATLAB Central File Exchange. Luettu 8 tammikuuta 2021, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/18593-differential-evolution>