



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Epätäydellisen preferenssi- informaation hyödyntäminen monitavoitteisissa päätöspuissa (Valmiin työn esittely)

Mio Parmi

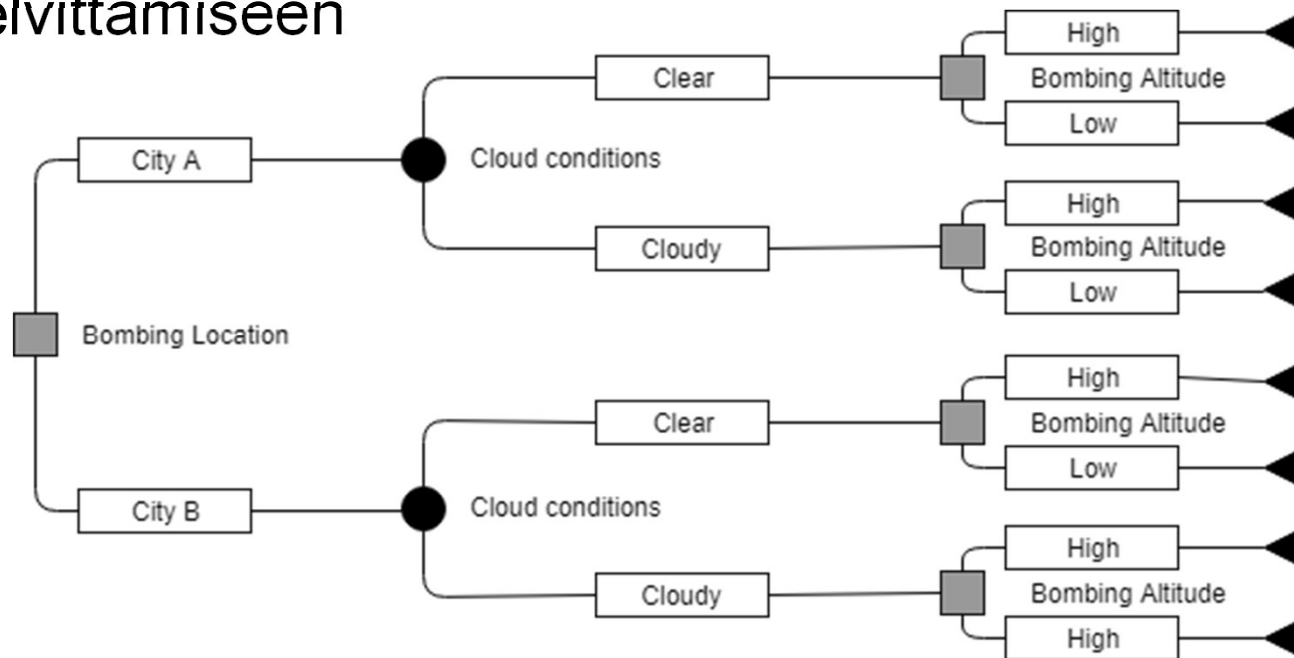
15.1.2018

Ohjaaja: Prof. Kai Virtanen

Valvoja: Prof. Kai Virtanen

Tausta

- Päättöspuu [1] on päätöksenteossa käytetty työväline, jota voidaan käyttää päätösten paremmuusjärjestyksen selvittämiseen



Tausta

- Monitavoitteiset päätöspuut [1]
 - Useita kriteereitä
- Usein on haastavaa määritellä kriteerien suhteellisia tärkeyksiä
 - Epätäydellisten preferenssien mallit [2], [3]

Tausta

- MAUT – Monitavoitteinen hyötyteoria [1]
 - Päätösvaihtoehdon valinnasta saatavaa hyötyä kuvataan additiivisella hyötyfunktiolla

$$U(x) = \sum_{i=1}^n w_i u_i^N(x_i)$$

- Funktion arvo riippuu painokertoimista w_i
- $u_i^N(x_i)$ on yksiattribuuttinen hyötyfunktio, joka kuvaa attribuuttien tasot välille $[0, 1]$.

Tavoitteet

- Kehittää ratkaisualgoritmi, jolla voidaan ratkaista monitavoitteinen päätöspuu silloin, kun preferenssi-informaatio on epätäydellistä
- Tutkia eri tekijöiden vaikutusta laskenta-aikaan
 - Ongelman koko
 - Preferenssi-informaation tarkkuus

Ratkaisualgoritmi

- Aluksi poistetaan puun uloimmat sattumasolmut odotusarvojen avulla
- Poistetaan uloimmista päätössolmuista dominoidut vaihtoehdot

Ratkaisualgoritmi

- Etsitään kahden uloimman päätössolmun kaikki mahdolliset yhdistelmät
- Korvataan toisiksi uloimmat päätössolmut nämä yhdistelmät sisältävillä päätössolmuilla, ja poistetaan dominoidut vaihtoehdot
- Toistetaan kahta edellistä kohtaa kunnes jäljellä on vain yksi päätössolmu

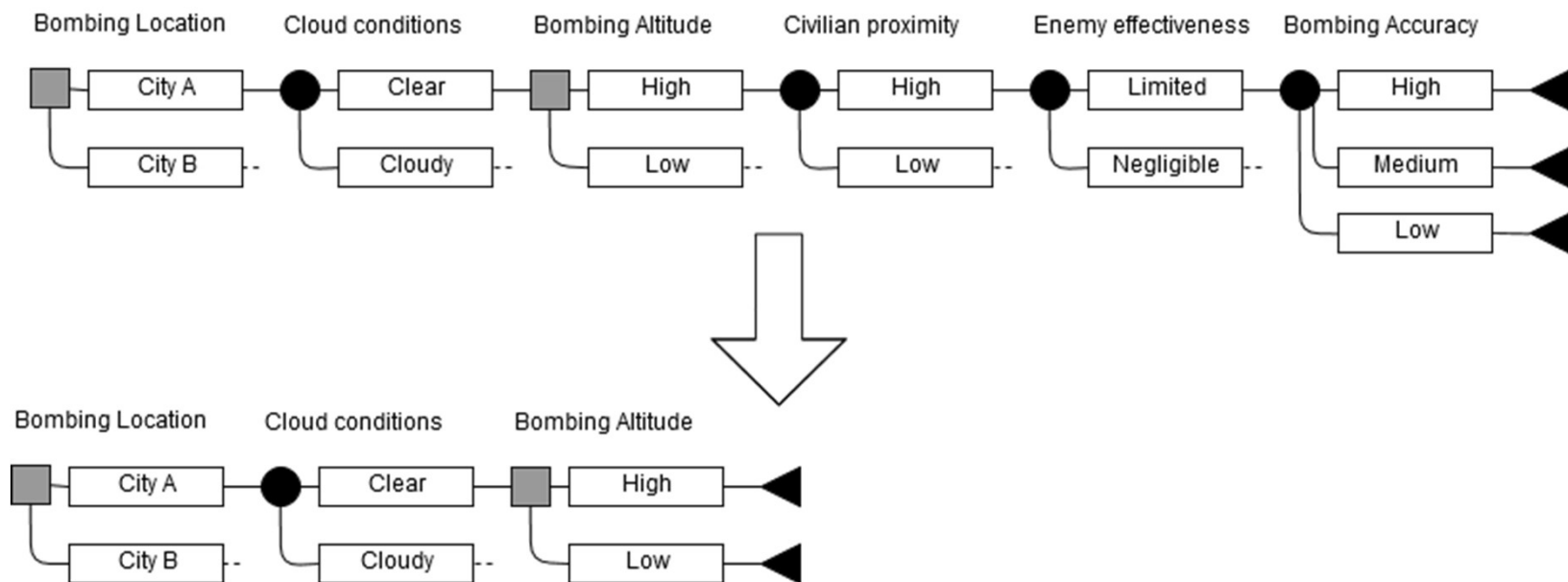
Esimerkkiongelman

- Pommituslento [4]
 - Kohde
 - Korkeus
- Tavoite
 - Korkea pommitustarkkuus, pienet tappiot
- Satunnaisilmiöt
 - Sää
 - Siviilien läheisyys
 - Vihollisen toiminnan tehokkuus
 - Pommitustarkkuus

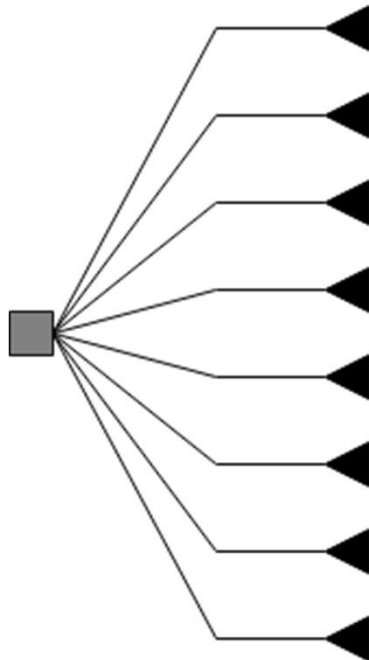
Esimerkkiongelman preferenssit

- Preferenssit
 - Osumatarkkuus: 100
 - Omat tappiot: 60
 - Sivulliset Uhrit: 40
- Virhetermi $R = 1,5$
- $\frac{1}{R} \frac{0,5}{0,3} \leq \frac{w_1}{w_2} \leq R \frac{0,5}{0,3}$
- $\frac{1}{R} \frac{0,5}{0,2} \leq \frac{w_1}{w_3} \leq R \frac{0,5}{0,2}$

Uloimpien satunnaissolmujen poistaminen

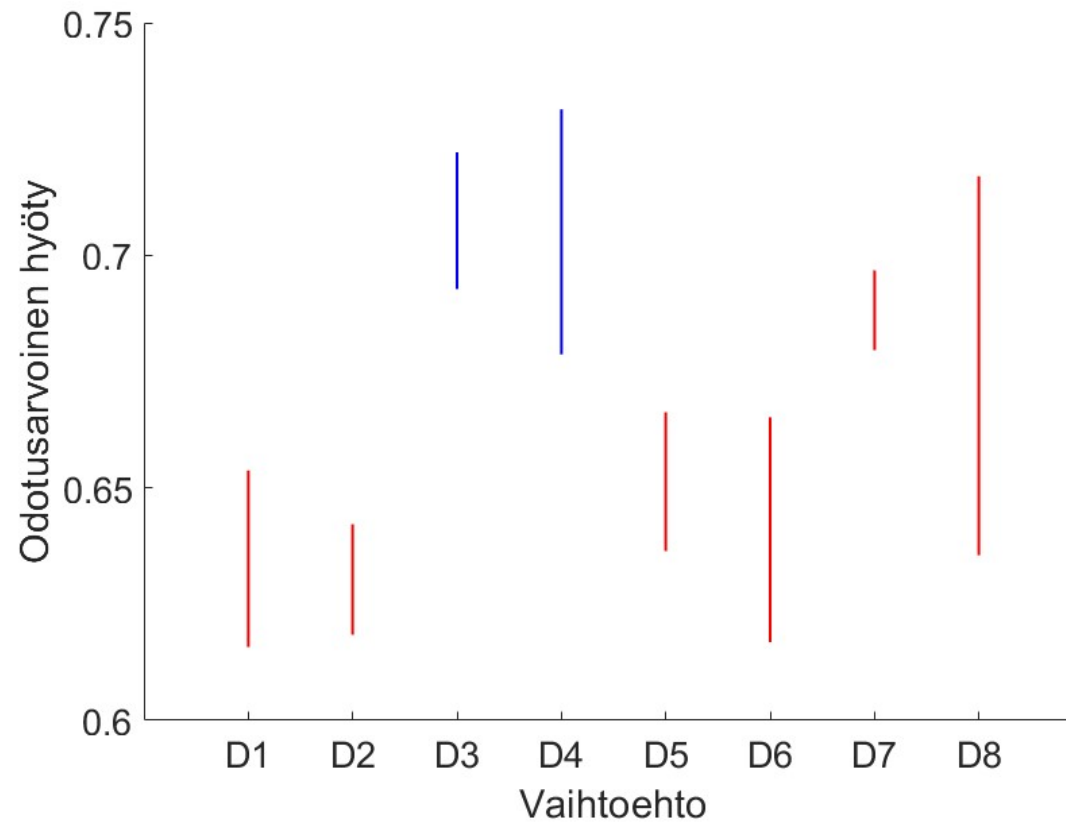


Päätöspuun lopullinen muoto



| Vaihtoehto | Kaupunki | Pommituskorkeus pilvisellä säällä | Pommituskorkeus selkeällä säällä |
|------------|----------|-----------------------------------|----------------------------------|
| D1 | A | Korkea | Korkea |
| D2 | A | Korkea | Matala |
| D3 | A | Matala | Korkea |
| D4 | A | Matala | Matala |
| D5 | B | Korkea | Korkea |
| D6 | B | Korkea | Matala |
| D7 | B | Matala | Korkea |
| D8 | B | Matala | Matala |

Esimerkkiongelman tulokset

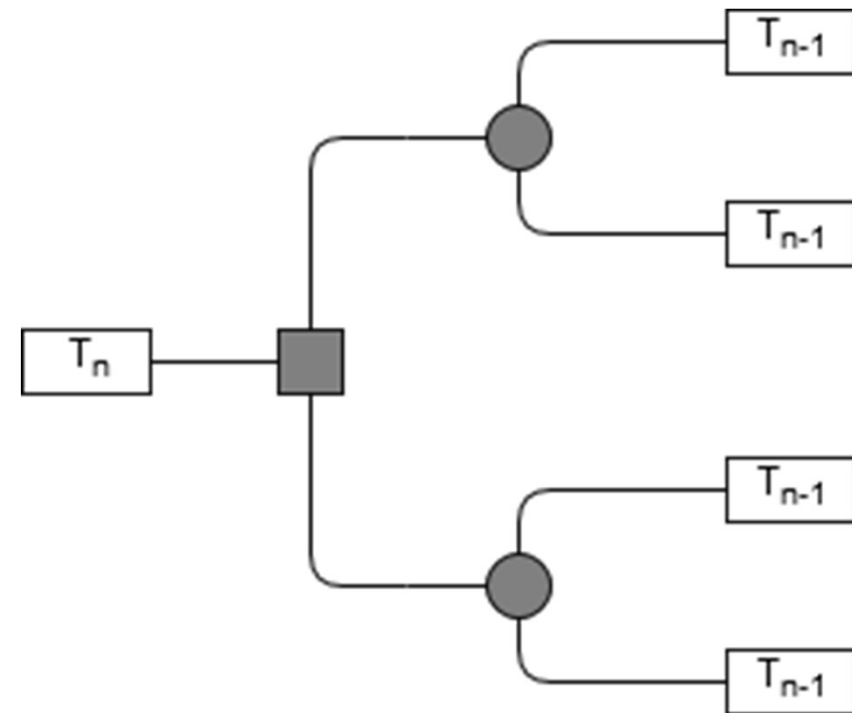


Laskenta-aika

- Laskenta-aikaa tutkittiin simuloitujen päätöspuiden avulla
- Tutkittiin usean eri tekijän vaikutusta laskenta-aikaan
 - Puun koko
 - Preferenssi-informaation tarkkuus
 - Preferenssi-informaatiota koskevien estimaattien määrä
- Intel i5-4460 @ 3,20 GHz
- 8 GB RAM

Käytetyn päätöspuun muoto

- Jokaiseen päätössolmuun liittyy kaksi sattumasolmua
- Jokaiseen sattumasolmuun liittyy kaksi päätössolmua
- 5 attribuuttia



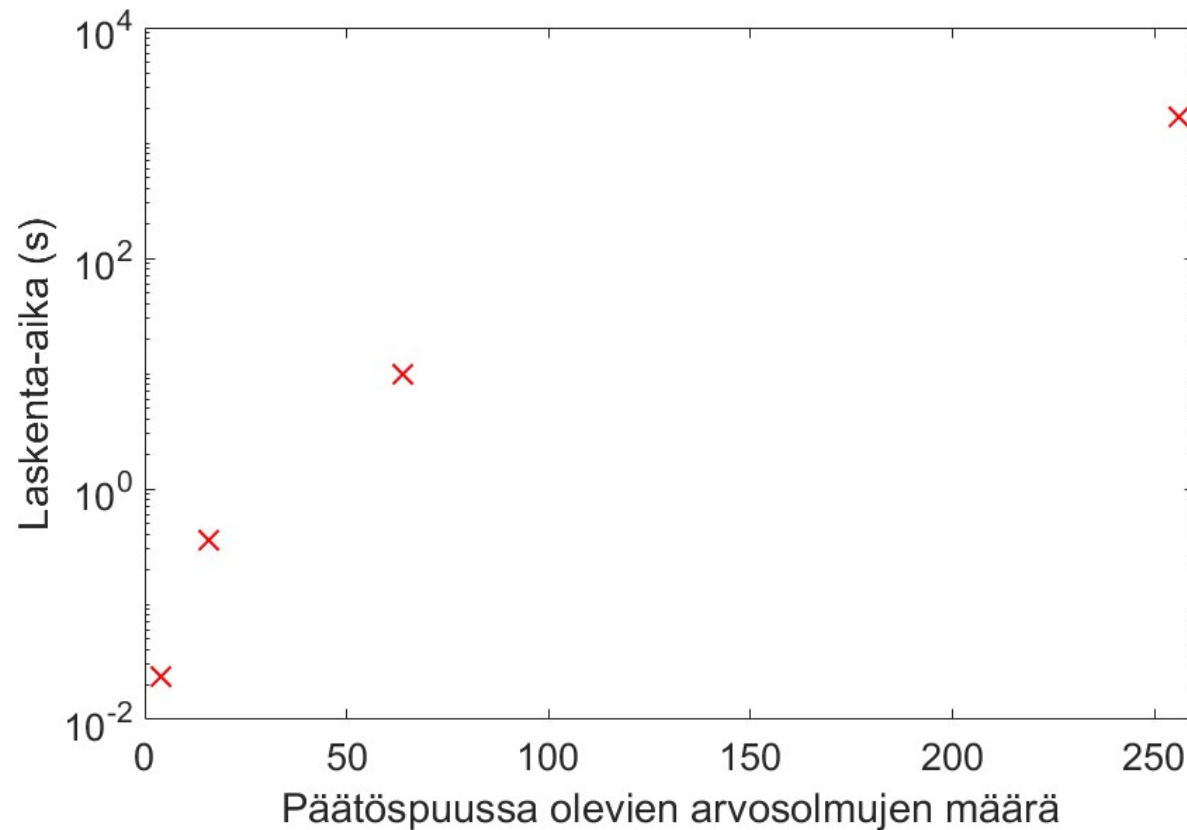
Preferenssi-informaation mallintaminen

- Painokertoimille arvottiin lukuarvot
- Näiden lukuarvojen avulla tehtiin 1-5 estimaattia painokertoimille lisäämällä niihin virhemarginaalit, esim.

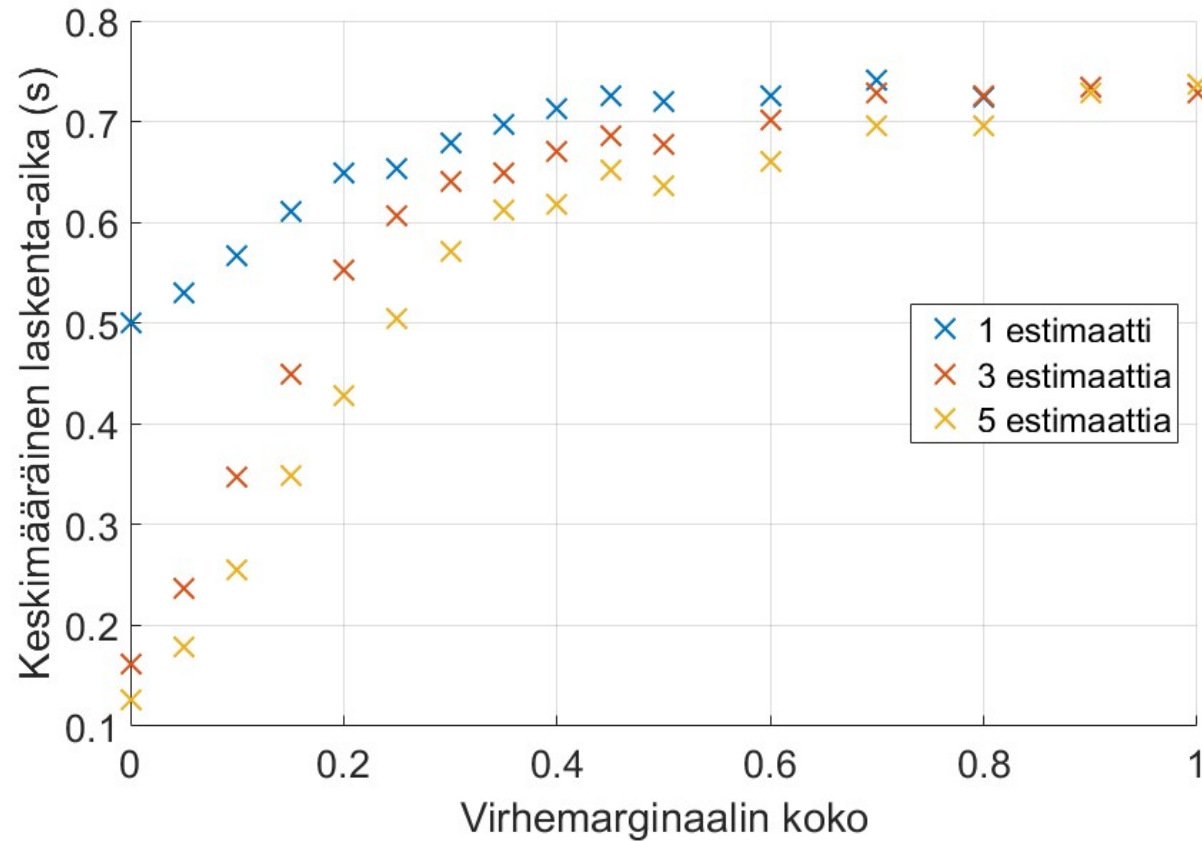
$$w_1 = 0,4 \pm 0,1$$

- Koon vaikutusta tutkittaessa estimaatteja oli 3 ja virhemarginaali oli 0,1.

Puun koon vaikutus laskenta-aikaan



Preferenssi-informaation tarkkuuden vaikutus laskenta-aikaan



Havainnot

- Laskenta-aika kasvaa merkittävästi ongelman koon kasvaessa
 - 8 arvosolmua sisältävän ongelman ratkaisemiseen kului keskimäärin noin 0.36 sekuntia
 - Tämä koko vastaa käsiteltyä esimerkkiongelmää
 - 256 arvosolmua sisältävän ongelman ratkaisemiseen kului keskimäärin noin 28 minuuttia

Havainnot

- Tarkka preferenssi-informaatio vähentää algoritmin laskenta-aikaa
 - Jos tehtiin 5 estimaattia virhemarginaalin arvolla 0,1, niin laskenta-aika oli keskimäärin 0,256 sekuntia
 - Jos tehtiin 3 estimaattia virhemarginaalin arvolla 0,2, niin laskenta-aika oli keskimäärin 0,552 sekuntia
 - Ilman estimaatteja keskimääräinen laskenta-aika oli noin 0,73s

Yhteenveto

- Työssä kehitetty algoritmi on toimiva menetelmä päätöspuiden ratkaisemiseen
- Suurikokoisten päätösongelmien ratkaiseminen kestää todella kauan
 - Esimerkiksi 256 arvosolmua sisältävän puun ratkaiseminen kesti keskimäärin noin 28 minuuttia
 - Interaktiivisissa sovelluksissa laskenta-ajan tulisi olla mahdollisimman pieni

Jatkotutkimus

- Kehitettäviä asioita
 - Monipuoliset päätössäännöt
 - Graafinen käyttöliittymä
- Laskenta-aika
 - Ratkaisualgoritmin toteuttaminen niin, että dominanssien laskeminen suoritetaan rinnakkain
 - Mahdolliset muut optimoinnit dominanssien laskemisessa

Viitteet

- [1] R.L. Keeney and H. Raiffa: Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs. Cambridge university press, 1993.
 - [2] A. Salo and R.P. Hämäläinen: Preference Programming - Multicriteria Weighting Models under Incomplete Information In: Zopounidis, C. and Pardalos, P.M. (eds.), Handbook of Multicriteria Decision Analysis, Springer, New York, 2009, due May 24, 2010, pp. 167-187.
 - [3] A. Salo and R.P. Hämäläinen: Preference assessment by imprecise ratio statements Operations Research, Vol. 40, No. 6, November-December 1992, pp. 1053-1061.
 - [4] M. Diehl and Y.Y. Haimes: Influence Diagrams With Multiple Objectives and Tradeoff Analysis. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, vol. 34 No. 3, May 2004.
-