



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Lentolaitteen tutkapoikkipinta-alasta riippuva lentoreitin uhkamalli (valmiin työn esittely)

Markus Sallila

09.05.2016

Ohjaaja: *Kai Virtanen*

Valvoja: *Kai Virtanen*

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

Yleistä

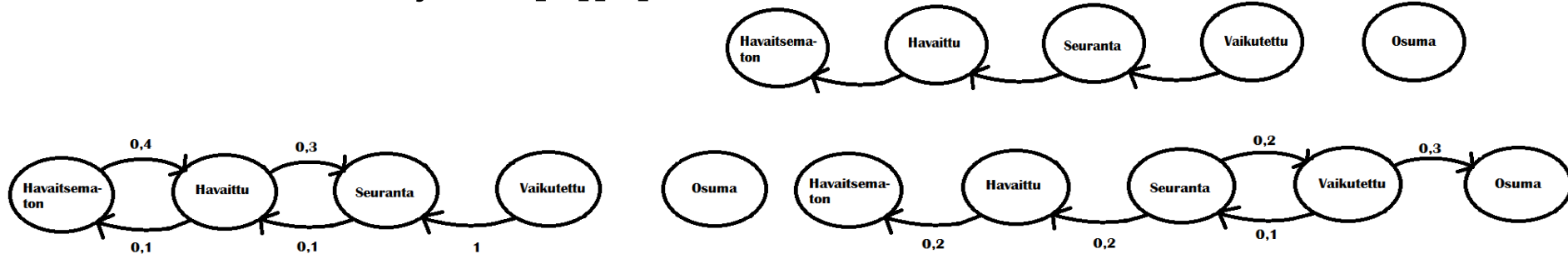
- Vastustajan maasta-ilmaan asejärjestelmät tuottavat uhan lentolaitteille
- Tarve arvioida annetulle reitille kohdistunut kokonaisuus
 - Esim. vaihtoehtoisten reittien vertailu ja reitin optimointi
- Asejärjestelmä koostuu maassa olevasta tutkasta ja ohjuksista – ohjuksen laukaiseminen vaatii, että
 - Tutkalla on oltava seuranta kohteesta
 - Seurannan muodostamiseksi kohteesta on saatava havaintoja

Taustaa

- Useita malleja, jotka ottavat eri asioita huomioon
 - Markov-ketjut
 - Etäisyys
 - Tutkapoikkipinta-ala
- Lentolaitteen tutkapoikkipinta-alasta riippuvaa lentoreitin uhkamallia varten tarpeellisia Viisitila-malli(Markov) ja tutkapoikkipinta-ala, sekä etäisyys funktiot

Viisitila-malli

- ”Ei-havaintoa - Havainto - Seuranta - Ohjuksen laukaisu - Osuma/Ei-osuma” –ketjua kuvattu viisitilaisena Markov-ketjuna [1][3]



- Siirtymätodennäköisyydet vakioita [1][3]

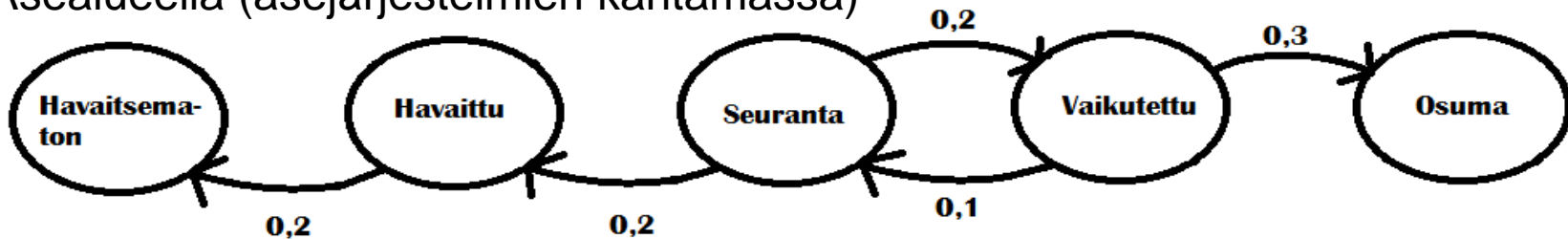
Ulkopuolella



Sensorialueella (tutkien kantamassa)

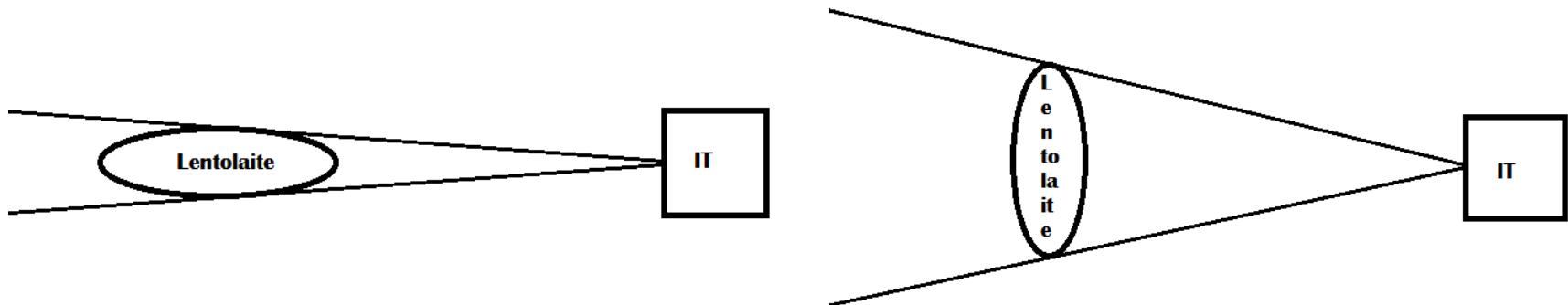


Asealueella (asejärjestelmien kantamassa)

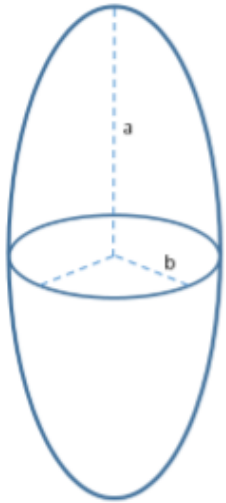


Tutkapoikkipinta-ala

- Markov-ketjussa ei ole otettu huomioon sitä, että tutkan havaintotodennäköisyys riippuu voimakkaasti tutkan ja kohteen etäisyyden lisäksi lentolaitteen ns. tutkapoikkipinta-alasta (radar cross section (RCS)), joka taas riippuu kohteen asennosta



Tutkapoikkipinta-alasta riippuva funktio



$$S_i = \pi b \sqrt{a^2 \sin^2 \theta_i + b^2 \cos^2 \theta_i}$$

Tutka

$$\kappa = \frac{b}{a}$$

$$\frac{RCS_i}{\|r_i\|^n} = \frac{2\kappa\sigma_i \sqrt{1 + (\kappa^2 - 1)(r_i \cdot \dot{r})^2}}{1 + \kappa^2 \|r_i\|^{n+1}}$$

Energiaa, ei todennäköisyyttä[4]

$$\sum_{i=1}^N \frac{RCS_i}{\|r_i\|^n}$$

Etäisyys riippuvat funktiot[1][2]

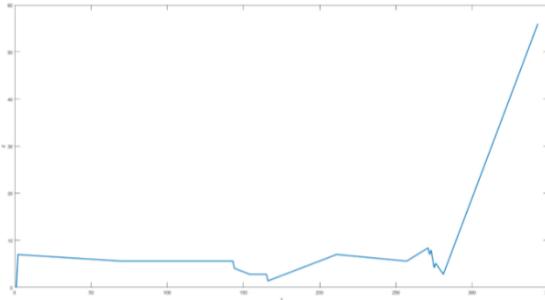
$$\lambda_{lin}(r) = \lambda_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right),$$

$$\lambda_{quad}(r) = \lambda_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

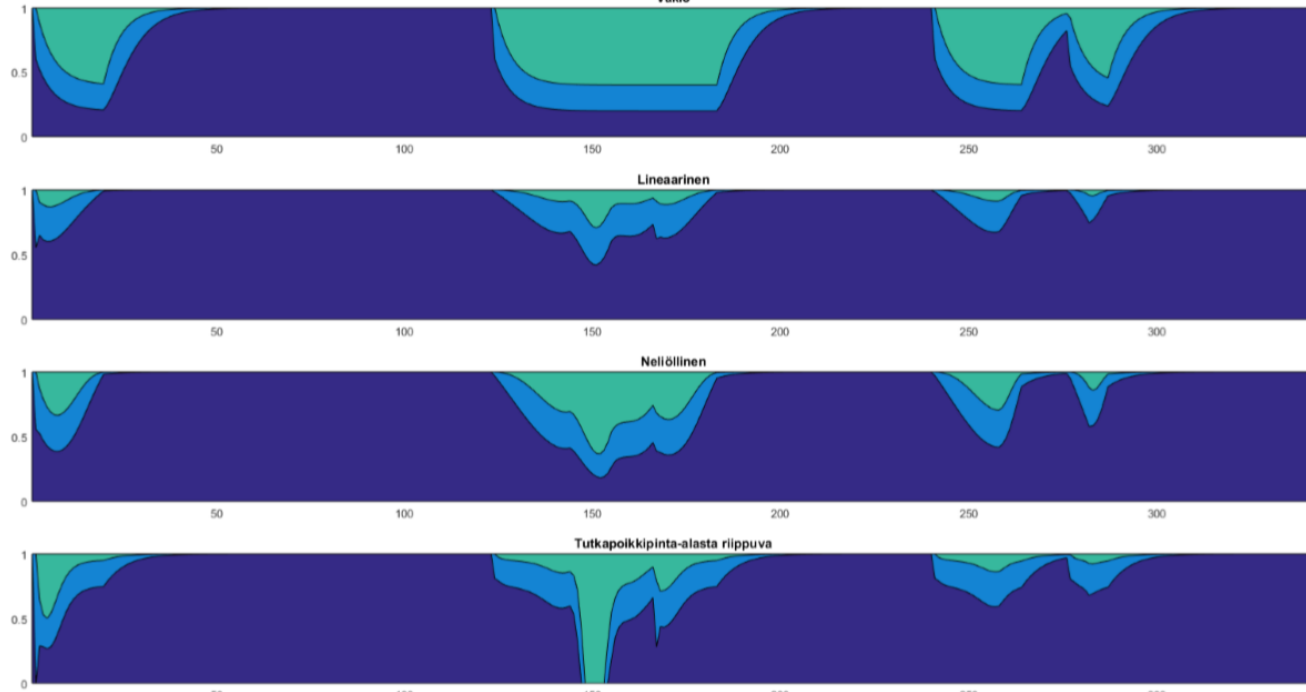
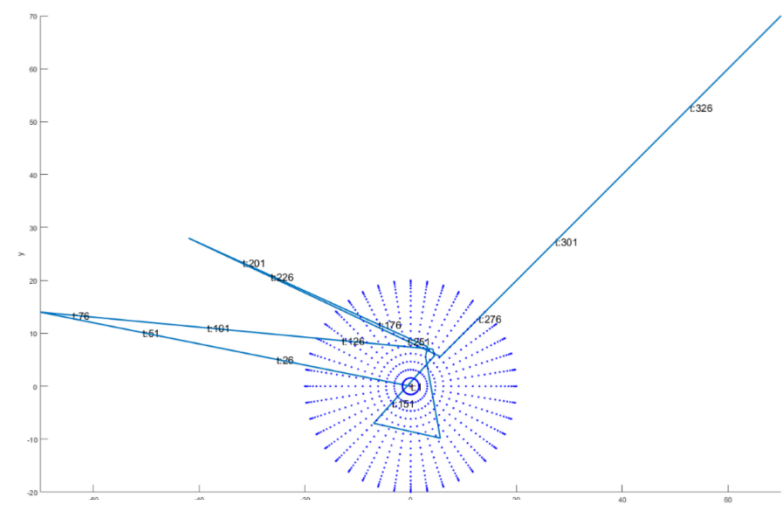
Muuntaminen funktioista Markov-matriisiin

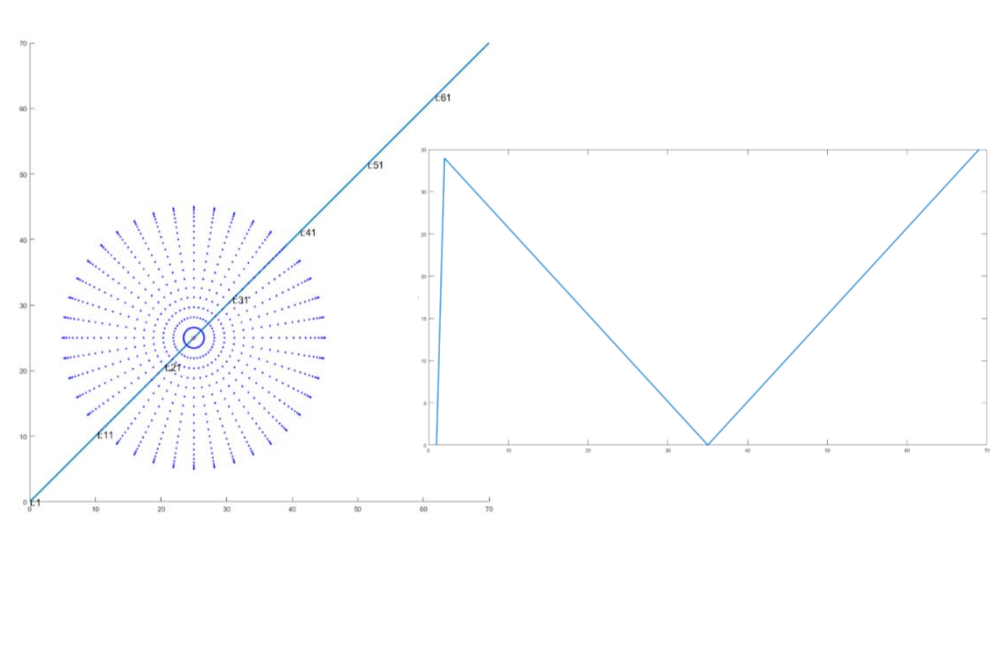
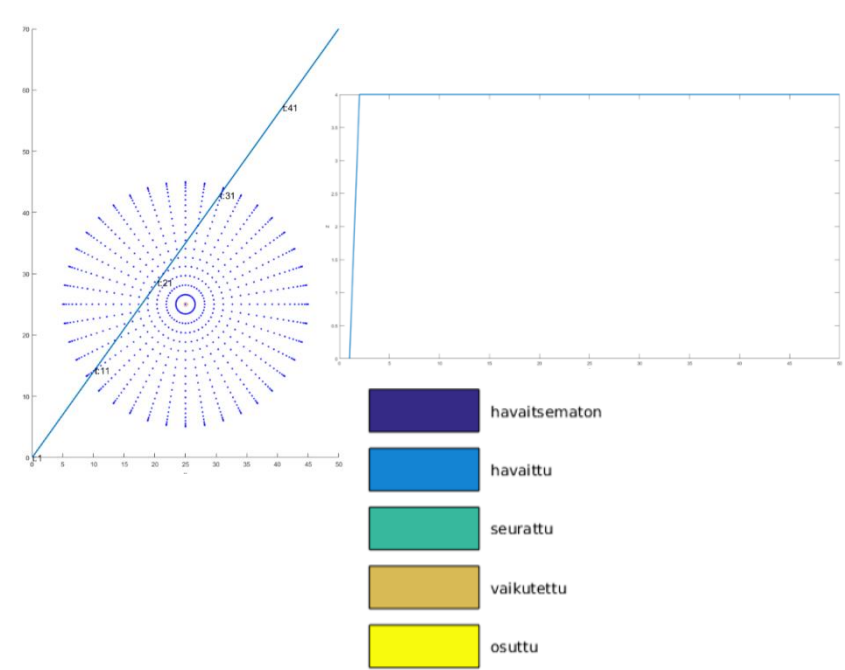
- 1. Lasketaan λ ja tulkitaan se todennäköisyytenä seuratulle lentolaitteelle pysyä seurannassa.
- 2. Skaalataan λ vakiolla ja tulkitaan se todennäköisyytenä havaitulle lentolaitteelle tulla seuratuksi.
- 3. Havaittu-tilasta siirtymätodennäköisyys havaitsematon-tilaan on vakiolla skaalattu $1-\lambda$.
- 4. Havaitusta tilasta siirtymätodennäköisyys itseensä määritellään skaalaamalla λ vakiolla. Tällöinkin on huolehdittava, että siirtymätodennäköisyydet sarakkeilla eivät summaudu yli yhden. Tämä toteutetaan valitsemalla minimi, joko skaalatusta λ :sta tai sarakkeen summan vajaudella yhdestä.
- 5. Havaittuun tilaan siirtymätodennäköisyys seuratusta tilasta on $1-\lambda$.
- 6. Havaitsemattoman tilan siirtymätodennäköisyydet pitävät huolen rivisummien summautumisesta yhteen.

Tulokset

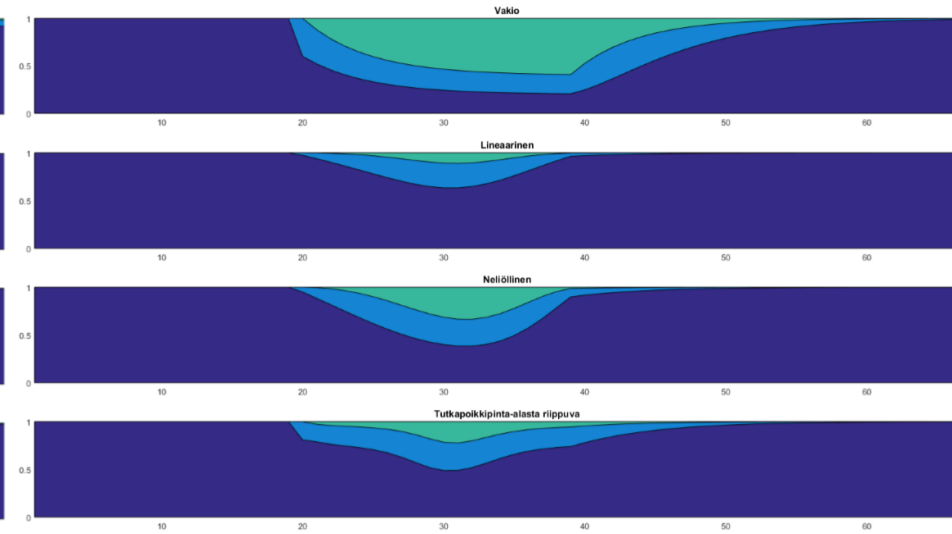
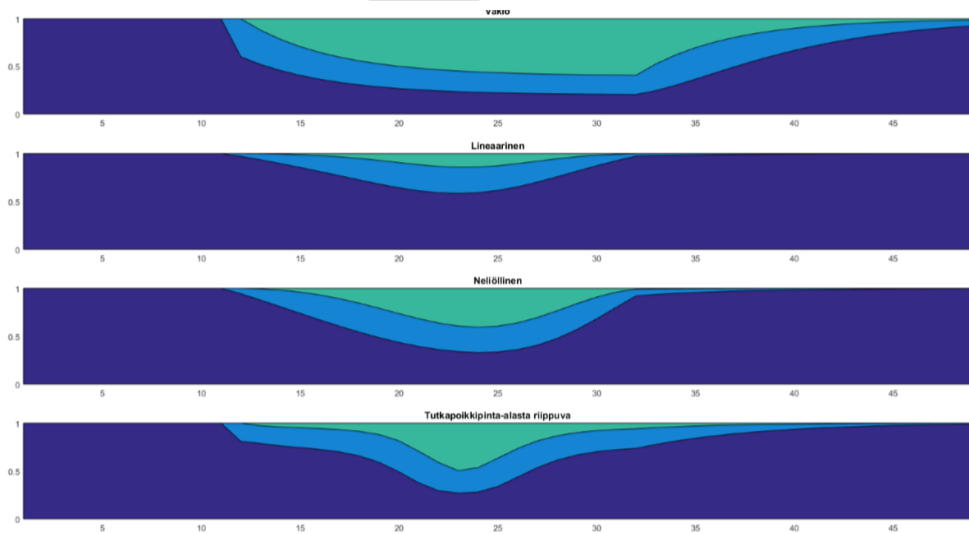


Vakio





- havaitsematon
- havaittu
- seurattu
- vaikutettu
- osuttu



Johtopäätökset

- Hetkellisiä eroja syntyy
- Neliöllinen malli on herkempi etäisyyden muutoksille kuin lineaarinen.
- Tutkapoikkipinta-alariippuvuuden voimakkuus heikkenee vahvasti etäisyyden kasvaessa.
- Tutkapoikkipinta-ala on erittäin merkittävä tekijä.

Tietolähteet

- [1] Tina Erlandsson : A Combat Survivability for Evaluating Air Mission Routes in Future Decision Support Systems, Örebro Studies in Technology 59, 2014
- [2] Tina Erlandsson, Lars Niklasson: An air-to-ground combat survivability, "Journal of Defence Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology", 1-15. 2013
- [3] Tina Erlandsson, Lars Niklasson: Automatic evaluation of air mission routes with respect to combat survival, Information Fusion, vol. 20, 2014, 88-98
- [4] Michael Zabarankin, Stan Uryasev, Robert Murphey: Aircraft Routing under the Risk of Detection, Naval Research Logistics, vol. 53, 2006
- [5] Pierre, T. Kabamba, Semyon M. Meerkov, Frederik H. Zeitz III: Optimal Path Planning for Unmanned Combat Aerial Vehicles to Defeat Radar Tracking, "Journal of Guidance, Control, and Dynamics", vol. 29, No 2, March-April 2006