

Vastakkainasettelullinen riskianalyysi asejärjestelmien vaikuttavuusarvioinnissa

Toteuttaja: Aalto-yliopisto

Johtaja: Ahti Salo

Hankkeelle myönnetty MATINE-rahoitus: 69 204€

Tutkimusryhmä

- Aalto-yliopisto
Matematiikan ja systeemianalyysin laitos
Systeemianalyysin laboratorio

Ahti Salo – Professori, projektin johtaja
Juho Roponen – Tohtoriopiskelija



- Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT)



David Ríos Insua – Professori

Esityksen sisältö

1. Vastakkainasettelullinen riskianalyysi (ARA)
2. Tutkimusprojekti
3. Jatkosuunnitelmat

Esityksen sisältö

1. Vastakkainasettelullinen riskianalyysi (ARA)
2. Tutkimusprojekti
3. Jatkosuunnitelmat

Perinteinen riskianalyysi

1. Riskiarviointi

- Tunnistetaan riskit ja arvioidaan niiden todennäköisyydet ja seuraamukset.

2. Riskien hallinta

- Valitaan ja toimeenpannaan toimenpiteet, jotka rajaavat riskien toteutumista ja seuraamuksia.
- Kehitetty alun perin teollisten riskien hallitsemiseen.

■ Riskien toteutuvat täysin satunnaisesti.

- Ei sellaisenaan sovellu tilanteisiin, joissa riskit aiheutuvat vastapuolen tarkoituksellisesta toiminnasta.

Vastakkainasettelullinen riskianalyysi

(Adversarial risk analysis, ARA)

- Soveltuu tilanteisiin, joissa riskit aiheutuvat vastapuolen tavoitteellisesta toiminnasta.
- Tarjoaa menetelmiä tästä aiheutuvien riskien hallitsemiseksi.
- Perinteisten menetelmien rajoitteet (Parnell et al 2008)
 - Perinteiset riskianalyysimenetelmät eivät huomioi tahallisuutta.
 - Rationaalinen peliteoria olettaa jaetun tietopohjan.
 - Päättöanalyysi ei tarjoa menetelmiä vastustajan toimien ennustamiseen.
- Vastakkainasettelullisessa riskianalyysissä näitä rajoitteita ei ole.

ARA metodiikka

- Menetelmä vastapuolen toimien ennakoimiseksi
 - Yleensä vastapuolen oletetaan pyrkivän hyötynsä maksimointiin.
 - Muut preferenssioletukset ovat myös mahdollisia.
- Vastapuolen toimiin liittyy epävarmuutta
 - Tavoitteita, kykyjä ja tietopohjaa ei tunneta tarkkaan.
 - Osapuolten päätökset riippuvat toisistaan.
- Vastapuolesta voidaan tehdä eri rationaalisuusoletuksia.
 - Satunnainen
 - Kognitiiviseen hierarkiaan perustuva (Hän olettaa, että minä oletan, että hän olettaa... valittuun rajaan asti)
 - Omaa ajattelua peilaava (Vastapuolella on sama käsitys kuin meillä asioiden keskinäisestä tärkeydestä.)

Ratkaisu vaiheittain

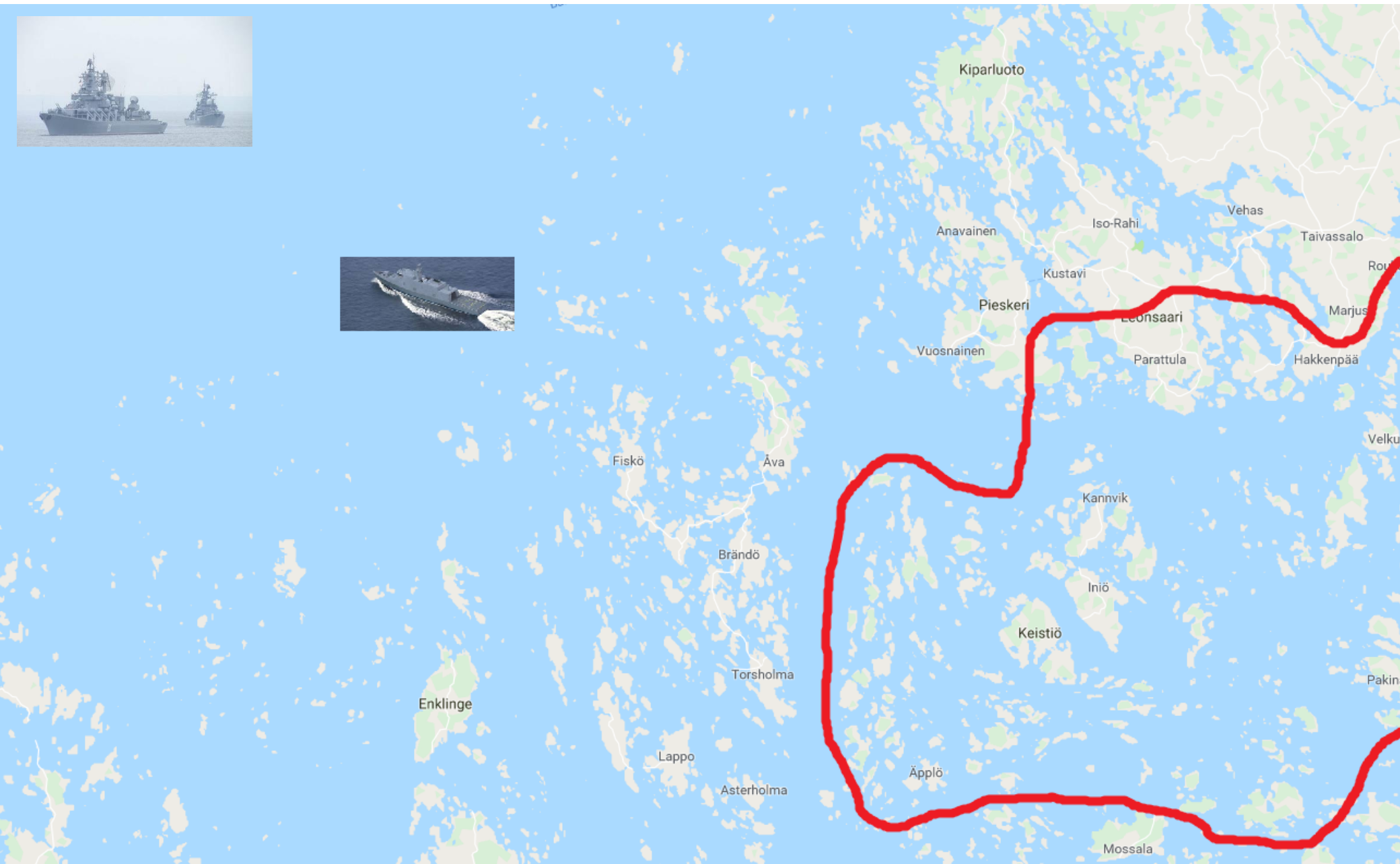
1. Täsmennetään molempien osapuolten päätösvaihtoehdot, päätöksien seuraukset ja näiden vakavuus.
2. Kuvataan matemaattisesti, mitä vastustajan tavoitteista sekä tietopohjasta tiedetään.
3. Ratkaistaan ongelma vastustajan näkökulmasta.
→ Saadaan todennäköisyysarvio siitä, miten vastustaja tulee toimimaan eri tilanteissa.
4. Määritetään, mikä toimenpide on omalta kannalta paras, ottaen huomioon, miten vastustajan ennakoidaan toimivan.

Esityksen sisältö

1. Vastakkainasettelullinen riskianalyysi (ARA)
2. Tutkimusprojekti
3. Jatkosuunnitelmat

Merivoimien alustäydennyksen suojaaminen

- Taistelutehtävän suorittanut alus tarvitsee ampumatarvike- ja muita täydennyksiä.
- Täydennys suoritettava 24h kuluessa kohtaamalla huoltoalus saaristossa.
- Vihollinen haluaa estää täydennyksen ja tiedustelee siksi merialuetta miehittämättömillä ilma-aluksilla (UAV).
- Mikäli vihollinen löytää alukset kesken täydennyksen, ne ovat otollisia maaleja.



Kysymykset

1. Missä ja milloin alustäydennys kannattaa suorittaa?
2. Mitä reittiä käyttäen?

Alustäydennys

- Kohdealueella rajallisesti paikkoja, jossa täydennys voidaan suorittaa.
- Alukset ovat haavoittuvimmillaan täydennyksen aikana, joten vihollinen haluaa löytää alukset silloin.

Kehitimme algoritmin, jolla voidaan optimoida UAV:eiden partiointireittejä mahdollisten täydennyspaikkojen välillä.

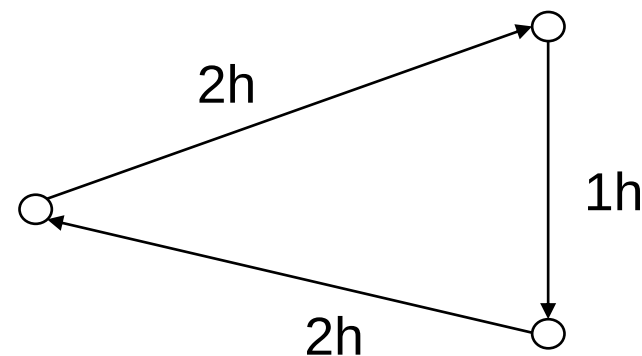
Kun paras partiointireitti tunnetaan, täydentäjä voi laskea sen avulla parhaat täydennyspaikat.

Alustäydennys partiointipelinä

- Täydentäjä valitsee ajan ja paikan alustäydennykselle.
 - Mallinnetaan kohteena, joka ilmestyy yhteen mahdollisista täydennyspaikoista yhtenä ajanhetkenä ja katoaa täydennyksen päätyttyä.
- Partioija valitsee UAV:lle partiointireitin, joka kulkee joidenkin täydennyspaikkojen välillä. Lähtöajan ja paikan voi valita vapaasti, mutta UAV:n nopeus rajoittaa liikettä paikkojen välillä.
- Molemmat pelaajat valitsevat strategiansa tietämättä vastustajan strategiaa.
- UAV-partioija voittaa, jos se saapuu täydennyspaikalle täydennyksen ollessa käynnissä, muutoin täydentäjä voittaa.
- Molemmat voivat halutessaan käyttää myös sekastrategioita (valita strategiansa satunnaisesti tietyllä todennäköisyydellä).

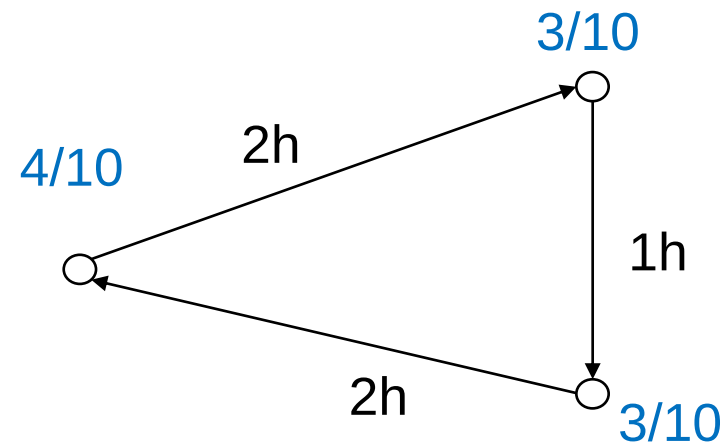
Yksinkertainen partiointiesimerkki

- Numerot kuvaavat pisteiden välillä siirtymiseen partiolla kuluvaa aikaa.
- Täydennykseen kuluu 3h.
- Täydentäjä ei tiedä missä kohdassa partio on milläkin hetkellä.
- Partioija ei tiedä missä ja mihin aikaan täydennys suoritetaan.



Yksinkertainen partiointiesimerkki

- Paras partiontireitti on kiertää kaikkia pisteitä läpi vuorotellen.
 - Partio saapuu jokaiseen pisteeseen 5h välein ja täydennykseen kuluu 3h, joten todennäköisyys, että partio saapuu täydennyksen ollessa käynnissä on $\frac{3}{5}$ valitusta täydennyspisteestä riippumatta.
- Täydentäjän kannattaa valita täydennyspaikkansa todennäköisyydet siten, että partioija ei voi saavuttaa parempaa todennäköisyyttä vaihtamalla reittiä.
 - Esimerkiksi sama todennäköisyys jokaiselle pisteelle tässä tapauksessa tarkoittaisi, että partioija voisi kulkea lyhintä väliä edestakaisin ja löytää täydennyksen todennäköisyydellä $\frac{2}{3}$.



Mahdolliset täydennyspaikat



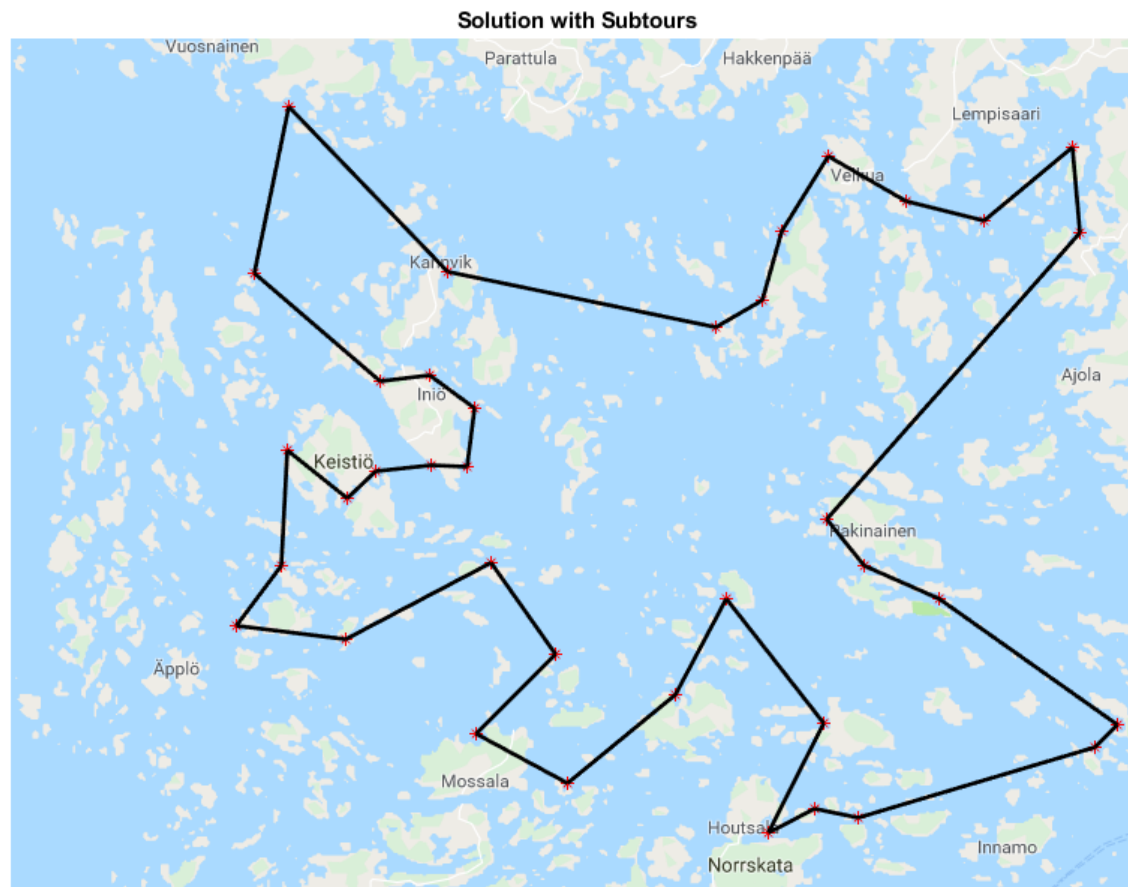
Kaikki pisteet kiertävä reitti

Täydennyksen kesto 1h

UAV:n nopeus 65km/h

Partiointikierroksen
kesto 2,17h

Täydennyksen
löytämisen
todennäköisyys 46,0%



Kahden reitin satunnaistettu partiointistrategia

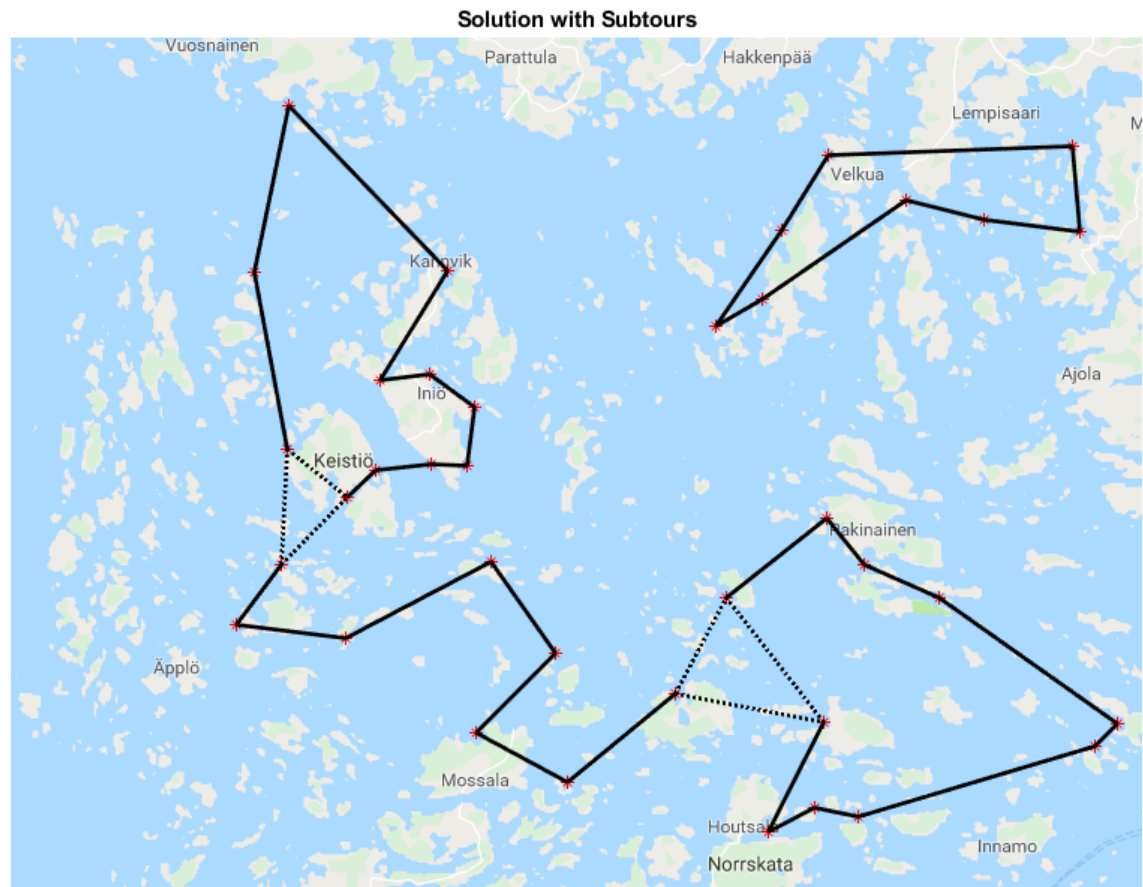
Täydennykseen kesto 1h

UAV:n nopeus 33km/h

Valitun reitin tn. suoraan
verrannollinen reittiin
kuluvaan aikaan

Täydennyksen löytämisen
todennäköisyys 23,9%

Kaikki pisteet kiertävällä
reitillä todennäköisyys olisi
23,4%



Siirtyminen täydennyspaikalle

- Alueella liikkuu UAV:eita etsimässä alustäydennystä, joten aluksilla on riski jäädä kiinni jo täydennyspaikalle siirtyessä.
- Halutaan löytää reitti, joka minimoi todennäköisyyden sille, että alukset löytyvät matkalla.
- Tarvitsimme tavan esittää alusten reittivaihtoehdot optimoimista varten.
- Kehitimme työkalun, joka tuottaa kulkureittigraafin syvyyskartta-aineistosta.

Kartta

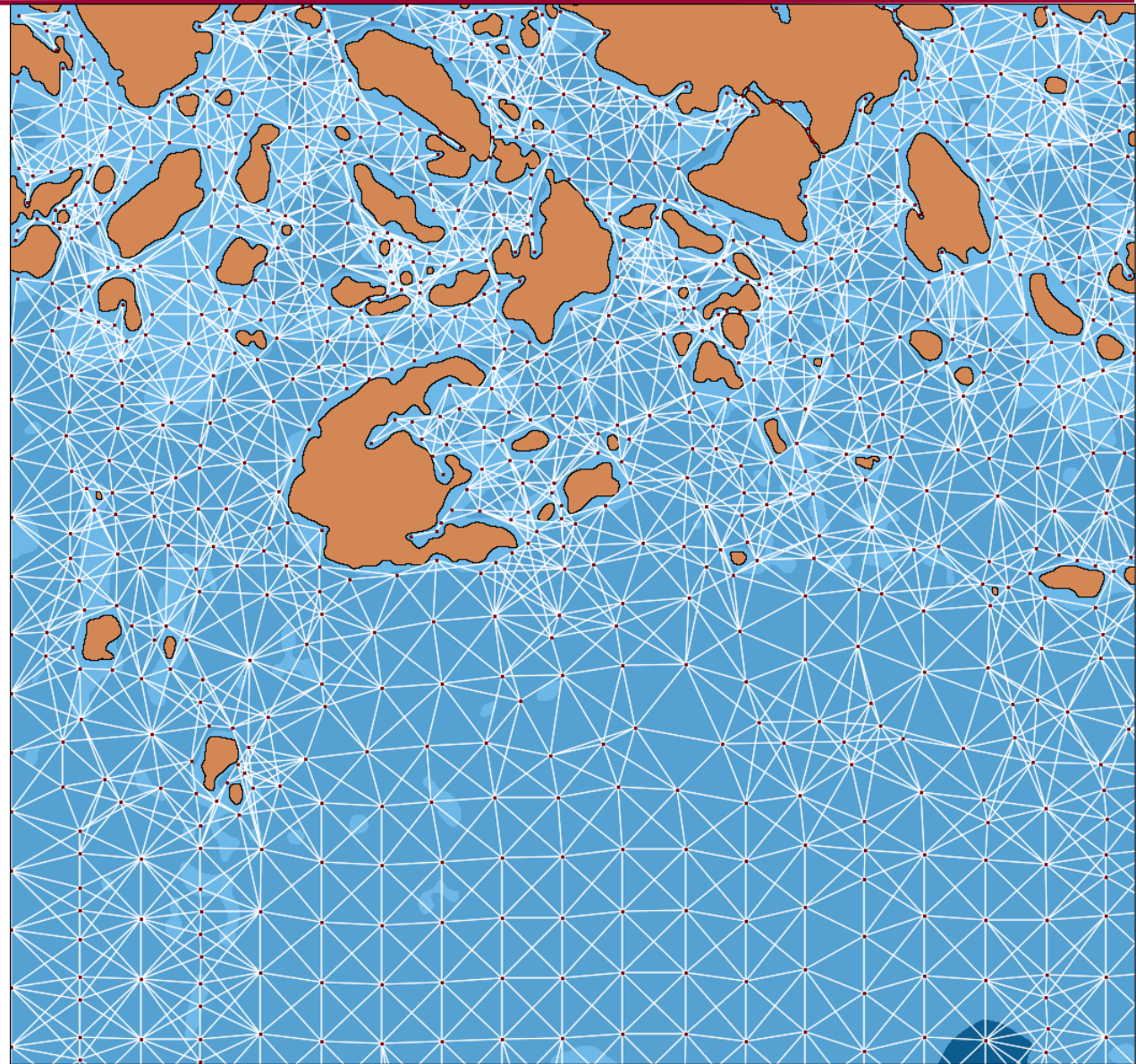
Lähtötietona
Liikenneviraston
syvyyskartta-
aineisto
rasterimuodossa.



Graafi

Työkalu tuottaa graafin, jossa on kaikki alukselle tarpeeksi syvät kulkureitit.

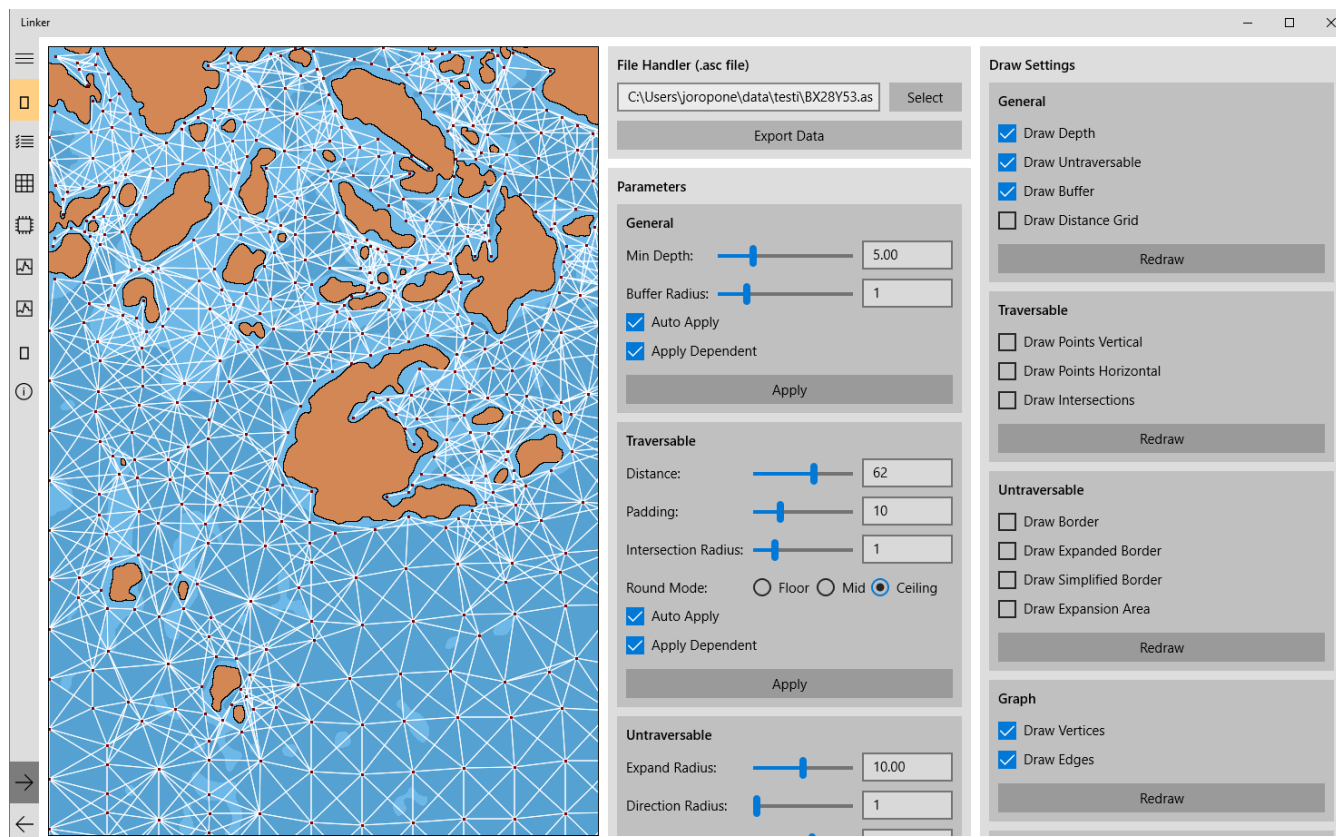
Turvallisin reitti voidaan laskea asettamalla kaarien painoiksi UAV-partiointireittien perusteella lasketut kiinnijäämisriskit.



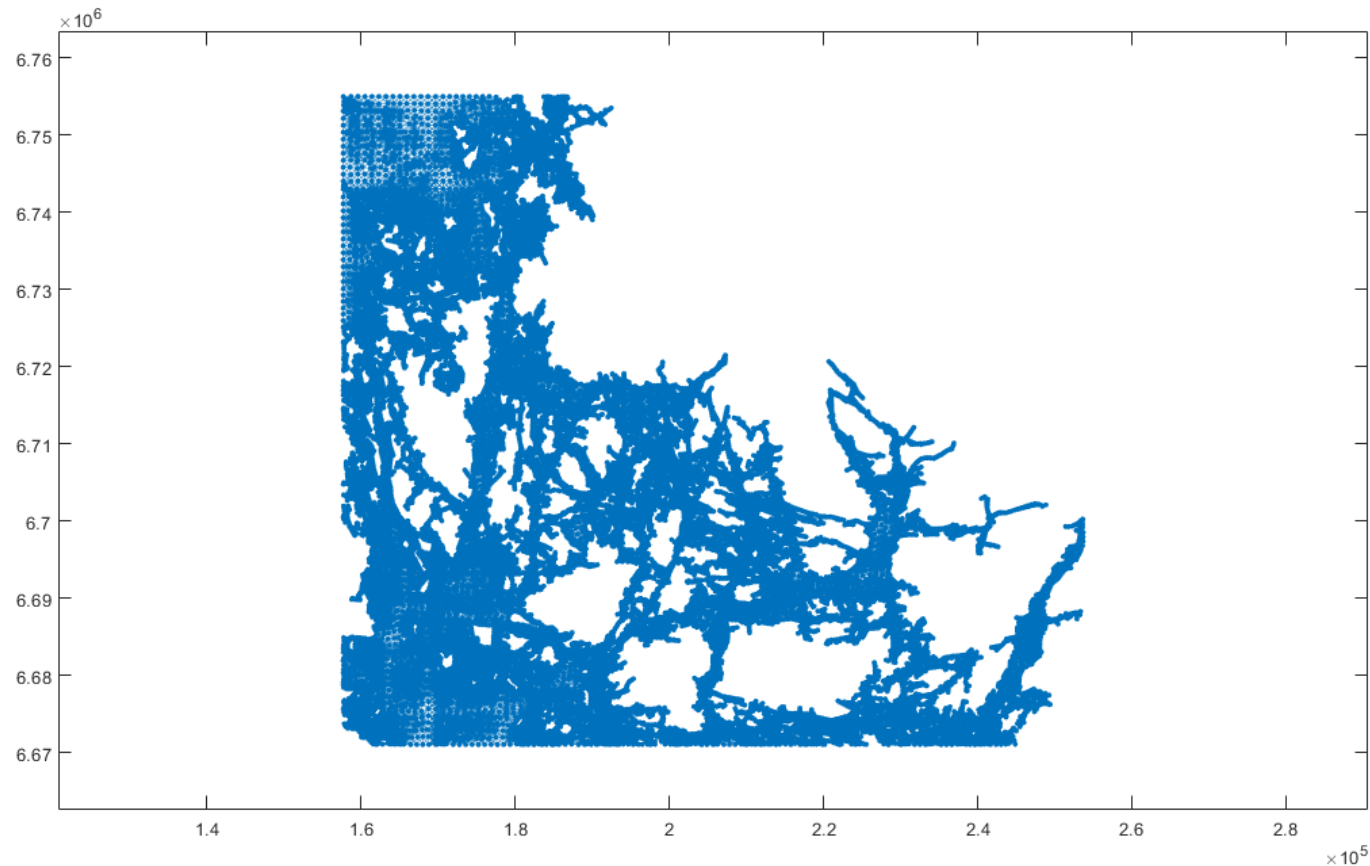
Kulkukelpoisuusgraafityökalu

Parametrejä
säättämällä
voidaan luoda eri
tarkoituksiin
sopivia
kulkukelpoisuus-
graafeja.

Työkalu on
luovutettu myös
PVTUTKL
käyttöön.



Kulkukelpoisuusgraafi Turun saaristosta



Esityksen sisältö

1. Vastakkainasettelullinen riskianalyysi (ARA)
2. Tutkimusprojekti
3. **Jatkosuunnitelmat**

Työn alla

- Laskennallinen esimerkki alustäydennyksen suojaamisesta
 - Optimaalisten päätösvaihtoehtojen etsiminen käyttäen todennukaisia parametrejä esimerkkitapauksessa
- Tulosten raportointi ja esittely
 - Artikkelointipöytäkirja
 - Konferenssiesitys alustäydennysten suojaamisesta
- David Ríos Insua vierailee Aallossa joulukuussa 2018

2019

- Alustäydennysten suojaaminen edelleen pilotointikohteena
- Tieteellisenä kontribuutiona on dynaamisen päätöksenteon tuominen osaksi ARAa
 - Mitä tapahtuu, jos UAV havaitsee aluksen jo matkalla alustäydennykseen?
 - Mitä tapahtuu sen jälkeen, kun alustäydennys havaitaan?
 - Mitä tapahtuu, jos UAV havaitaan?
- Dynaamista päätöksentekoa sisältävän ongelman visualisointi
- ARA:n esitleminen Puolustusvoimissa
 - Taistelukeskuspäivät 2019
 - Muut tapahtumat?

Kiitoksia!

juho.roponen@aalto.fi