

ENSIHOITOMALLINNUS

Malli laskee asemapaikkojen määrän ja sijainnin, ambulanssien määrän, palvelun peittoprosentin ja kustannukset

ENSIHOITO: taustaa

- Ensihoito on sairastuneen tai vammautuneen potilaan elintoimintojen käynnistämiseksi, ylläpitämiseksi tai terveydentilan parantamiseksi antamaa välitöntä hoitoa, jota antaa asianmukaisen koulutuksen saanut henkilö.
- Ensihoidosta lisää tämän mallinnuksen taustalla olevan projektin sivuilla (www.veksu.fi).

ENSIHOITO: taustaa

- Lähtötilanne:
 - Nyt ensihoito on kunta(yhtymä)kohtaisesti sovittu
- Tavoitteena:
 - Suunnitella ensihoito (ambulanssien sijoituspaikat, määrät...) laajemmin eli esimerkiksi sairaanhoitopiirikohtaisesti

Mallinnus: taustaa

- Karttapohjan lisäksi paljon paikannus- ja ominaisuustietoja eri alueista, ympäristöstä olemassa. Ambulanssien sijaintitiedot saatavilla
- Ensihoidossa reaalitilanne kuitenkin dynaaminen:
 - Ambulanssit merkittävästi tekemässä kiireettömiä potilaiden siirtokuljetuksia, palaavat hälytysajolta jne.
- Mallilla haluttiin saada sopivalla työmäärällä käytännön arvioitavia tuloksia
 - ➔ toteutuksena staattisen perustilanteen mallin prototyyppi.

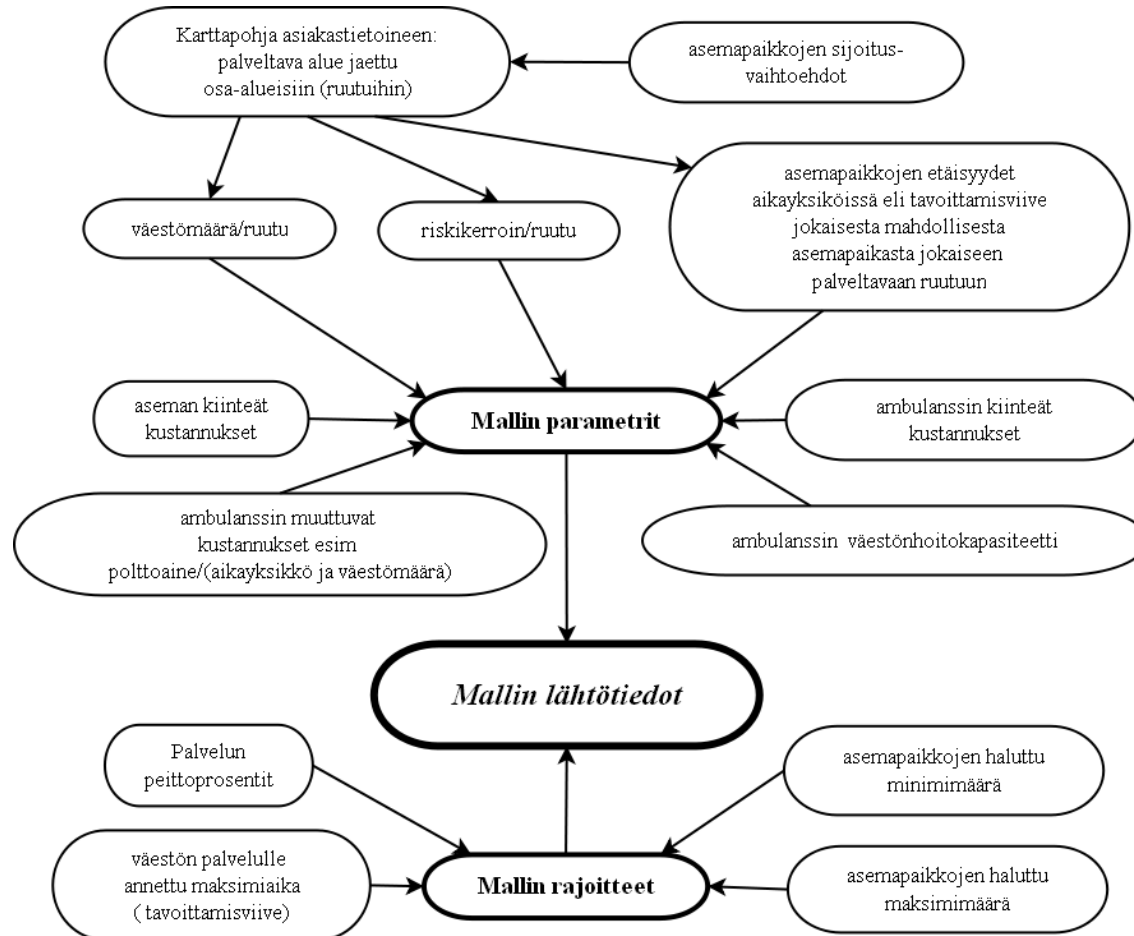
Mallin lähtötiedot

- Karttapohja:
 - Palveltava alue jaettu osa-alueisiin (ruutuihin), joiden väestömäärä ja riskikerroin tunnetaan
- Asemapaikkasijoitusvaihtoehdot
 - Etäisyydet aikayksiköissä jokaisesta mahdollisesta asemapaikasta jokaiseen palveltavaan ruutuun
- Kustannustiedot:
 - Aseman ja ambulanssien kiinteät kustannukset
 - muuttuvat kustannukset per ambulanssi per väestömäärä, riskikerroin ja etäisyys
 - Yhden ambulanssin väestönhoitokapasiteetti

Mallille asetettavat vaatimukset/tavoitteet

- Asemapaikkojen haluttu minimi - ja maksimimäärä
- Palveltava alue jaettu osa-alueisiin (ruutuihin), joiden väestömäärä ja riskikerroin tunnetaan
- Väestön palvelulle/saavutettavuudelle annettu maksimiaika (tavoittamisviive)
- Kustannuslaskentaa varten halutut palvelun peittoprosentit. Oletuksena lasketaan 20, 40, 60, 80 ja 100%:n palvelupeittoprosenteilla. 100% tarkoittaa, että kaikki - koko väestö määritellyllä alueella - saa palvelua vaaditussa ajassa

Mallin lähtötiedot



OHJELMOINNISTA

- Mallinnus on toteutettu GAMS-ohjelmistolla (GAMS=General Algebraic Modeling System)
- Ratkaisijana GAMS/Cplexin MIP (Multiple Integer Programming, sekalukuoptimointi)
- Tietojen syöttö Excelillä
- Tulokset tulevat Exceliin

MALLISTA

- **I taso:** Minimipeittomalli
 - tarvittavien ambulanssiasemien sijoitus ja minimimäärä 100%:n palvelupeaton saavuttamiseksi
- **II taso:** Maksimipeittoprosentti
 - asemien sijoitus, jotta asemien sallitulla maksimimäärällä saadaan suurin mahdollinen palvelupeittoprosentti.
- **III taso:** Kustannusoptimointi 2-vaiheisesti
 - optimikustannukset halutulla palvelun aikarajalla (tavoittamisviiveellä) ja peittoprosentilla

III taso: Kustannusoptimointi 2-vaiheisesti

- Ensimmäinen vaihe
 - optimoidaan kustannuksiin verrannollinen painotettu kustannusfunktio kullakin asemamäärällä
 - Ratkaisuna asemapaikat ja ilman palvelua jäävät ruudut.
 - Sen jälkeen poistetaan mahdollinen palvelun päällekkäisyys.
 - Poistamisen ehtona on ruudun ja aseman välinen etäisyys. Valitaan asemat, joka ovat lyhimmän painotetun etäisyyden päässä ko. päällekkäisen palvelun ruuduista. Mikäli painotetut etäisyydet ovat samat, asemalistassa edellä oleva valitaan.

III taso: Kustannusoptimointi 2-vaiheisesti

- Ensimmäinen vaihe jatkuu

- Tavoitefunktio

$$\begin{aligned}
 KoKust = & \sum_a \{x(a) \frac{\sum_{r,s} Painokerroin(r,s)}{\sum_{r,s} (Palvelee(a,r,s)Painokerroin(r,s) + 1)} [Ku(a,' kiinteat')] \\
 & + \sum_{r,s} Ku(a,' muuttuvat')Palvelee(a,r,s)Etaysyys(r,s,a)Painokerroin(r,s) \\
 & + \sum_{r,s} Ku(a,' ambulanssi')] \\
 & * Round \left(0.4999 + \frac{Painokerroin(r,s)Palvelee(a,r,s)}{ak} \right) \},
 \end{aligned}$$

- Rajoitteet

$$\sum_a x(a) = asemiakust,$$

- $ProsenttiOsuus \leq 100 \left(1 - \frac{\sum_{r,s} Painokerroin(r,s)y(r,s)}{\sum_{r,s} Painokerroin(r,s)} \right)$

$$\sum_a Palvelee(a,r,s)x(a) + y(r,s) \geq 1.$$

III taso: Kustannusoptimointi 2-vaiheisesti

- Toinen vaihe
 - Toisessa vaiheessa optimoidaan (minimoidaan) kustannuksia edelleen ottamalla huomioon palvelupeittovaatimus asemakohtaisesti. Siis ei palvella enempää kuin vaaditaan palvelupeittoprosentin puitteissa.
 - Kullakin palvelupeittoprosentilla tunnetaan nyt optimiratkaisu ja kustannukset.
 - Ratkaisuna saadaan kustannusoptimoidut asemien/ambulanssien määrät ja niiden sijoituspaikat

Kustannusoptimointi 2-vaiheisesti

- Toinen vaihe jatkuu

- Tavoitefunktio

$$\begin{aligned}
 KoKustPO = & \sum_a x.l(a)\{Ku(a,' kiinteat') \\
 & + \sum_{r,s} [Ku(a,' muuttuvat')(1 - z(r,s)) \\
 & * PalveleeKustPO(a,r,s)Etaysyys(r,s,a)Painokerroin(r,s)] \\
 & + \sum_{r,s} [Ku(a,' ambulanssi') \\
 & * \left(\frac{Painokerroin(r,s)(1 - z(r,s))PalveleeKustPO(a,r,s)}{ak} \right) \}].
 \end{aligned}$$

- Rajoite

$$ProsenttiOsuus \leq 100 \left(1 - \frac{\sum_{r,s} Painokerroin(r,s)(z(r,s) + j(r,s))}{\sum_{r,s} Painokerroin(r,s)} \right)$$

Kustannusoptimointi 2-vaiheisesti

- Kustannuslaskenta

$$\begin{aligned} \text{AmbulanssienMaara}(a) \\ = \text{Round}\left(0.4999 + \frac{\sum_{r,s} \text{Painokerroin}(r,s) \text{PalveleeKustPO}(a,r,s) x.l(a)}{ak}\right), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kustannus}(a) \\ = \text{Ku}(a, \text{ kiinteat}') \\ + \sum_{r,s} [\text{Ku}(a, \text{ muuttuvat}') \text{PalveleeKustPO}(a,r,s) * \text{Etaisyys}(r,s,a) \\ * \text{Painokerroin}(r,s)] + \text{Ku}(a, \text{ ambulanssi}') \text{AmbulanssienMaara}(a) \end{aligned}$$

$$\text{KokonaisKustannus} = \sum_a x.l(a) \text{Kustannus}(a).$$

- Asemapaikat ja ambulanssit
 - Seuraava esimerkki

ENSIHOITOMALLINNUS

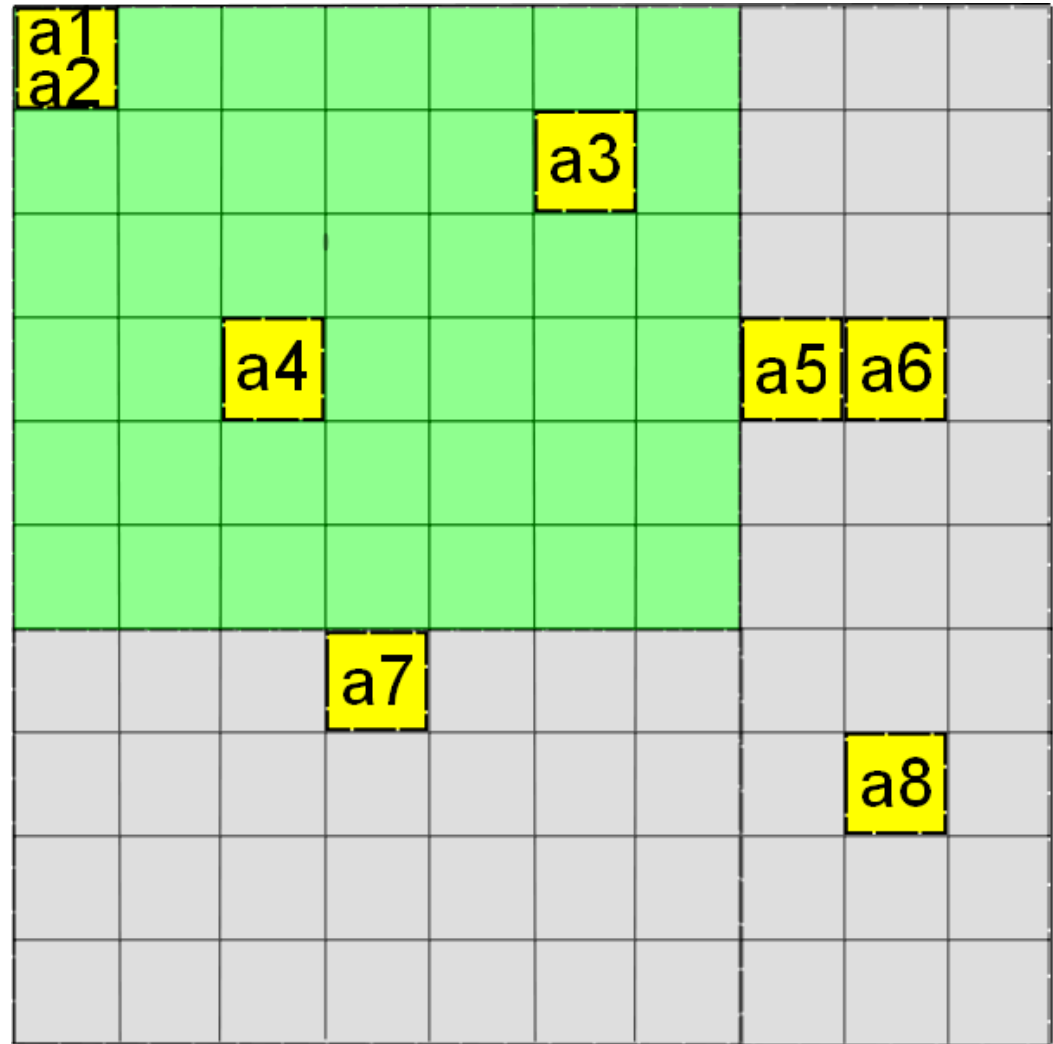
ESIMERKKI

Ensihoitoesimerkki:

- karttapohja 10 x 10 (vihreä ja harmaa alue)
- jokainen ruutu kuvaa matka-aikaa eli etäisyyttä. Yksi ruutu vastaa yhtä (aika)yksikköä.
- palveltava väestö (asiakkaat) on vihreällä alueella (vihreät ruudut 6 x 7)
- mahdollisia asemapaikkoja on 8 kpl (keltaiset ruudut a1,...a8)

Esimerkissä valitaan enintään 5 asemaa, joilta pystytään saavuttamaan asiakkaat max 5 aikayksikössä (= asiakkaan ruudun etäisyys enintään 5 ruutua asemapaikasta)

- ensin lasketaan 100%:een peitton tarvittava asemamäärä
- toiseksi lasketaan optimipeittoprosentti määritellyllä maksimiasemamäärällä
- kolmanneksi optimoidaan kustannukset. Laskenta tehdään tavoitteena tietty peittoprosentti (20, 40, 60, 80, 100 %) sekä annettu aikaraja(5). Kustannuksia laskettaessa asemien minimi- ja maksimimäärä on annettu (1...5).



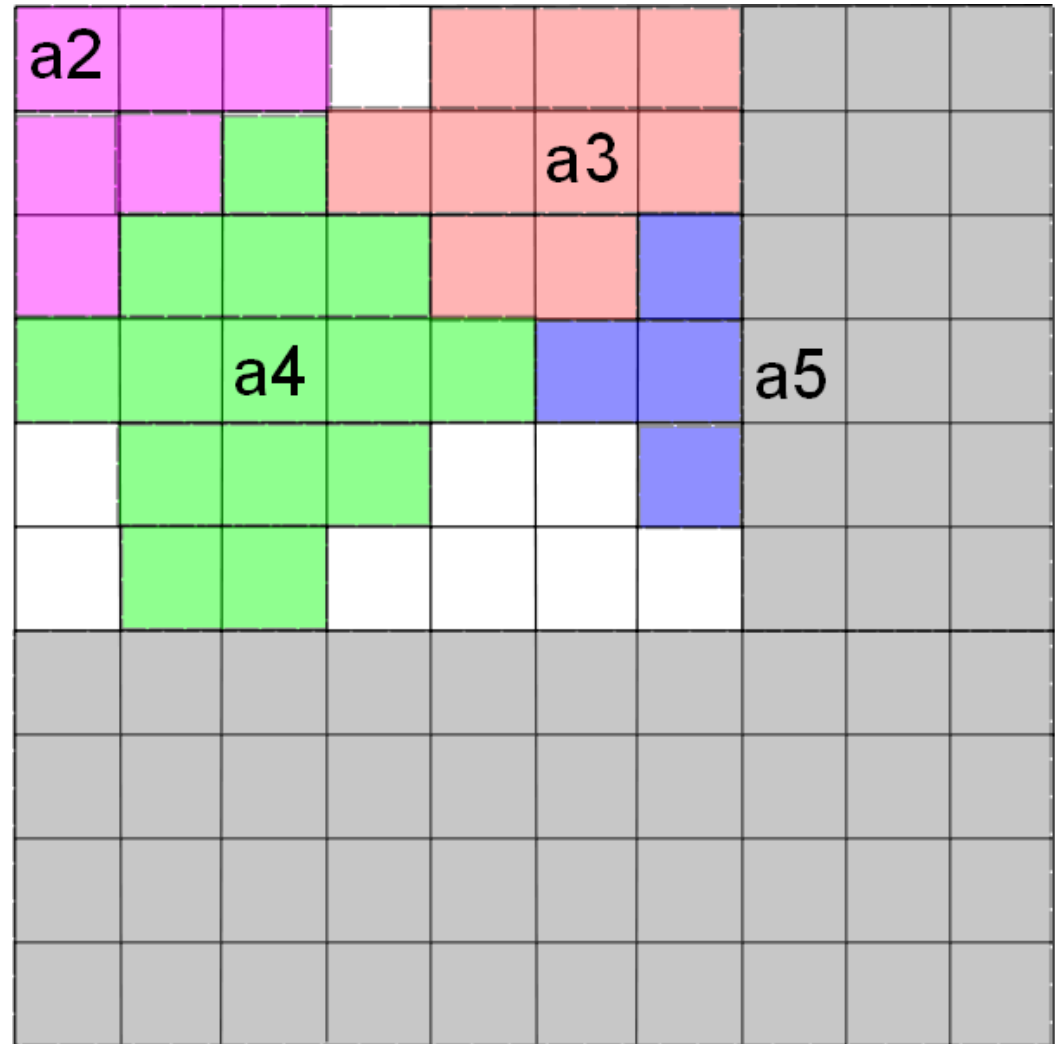
ESIMERKKI jatkuu

Tuloksia

Ensihoitoesimerkin tulos, mikäli vaatimukset oli:

- palvelun saavutettavuuden peittoprosentti on oltava ainakin 80%
- asiakkaat saavutettava max 5 aikayksikössä
- asemapaikkoja saa olla enintään 5

Kuvassa on esitetty kustannus-optimoidusti valitut asemapaikat ja niiden palvelemat alueet (valkoiset ruudut ovat ei-palveltavaa aluetta)



ESIMERKKI jatkuu

Tuloksia

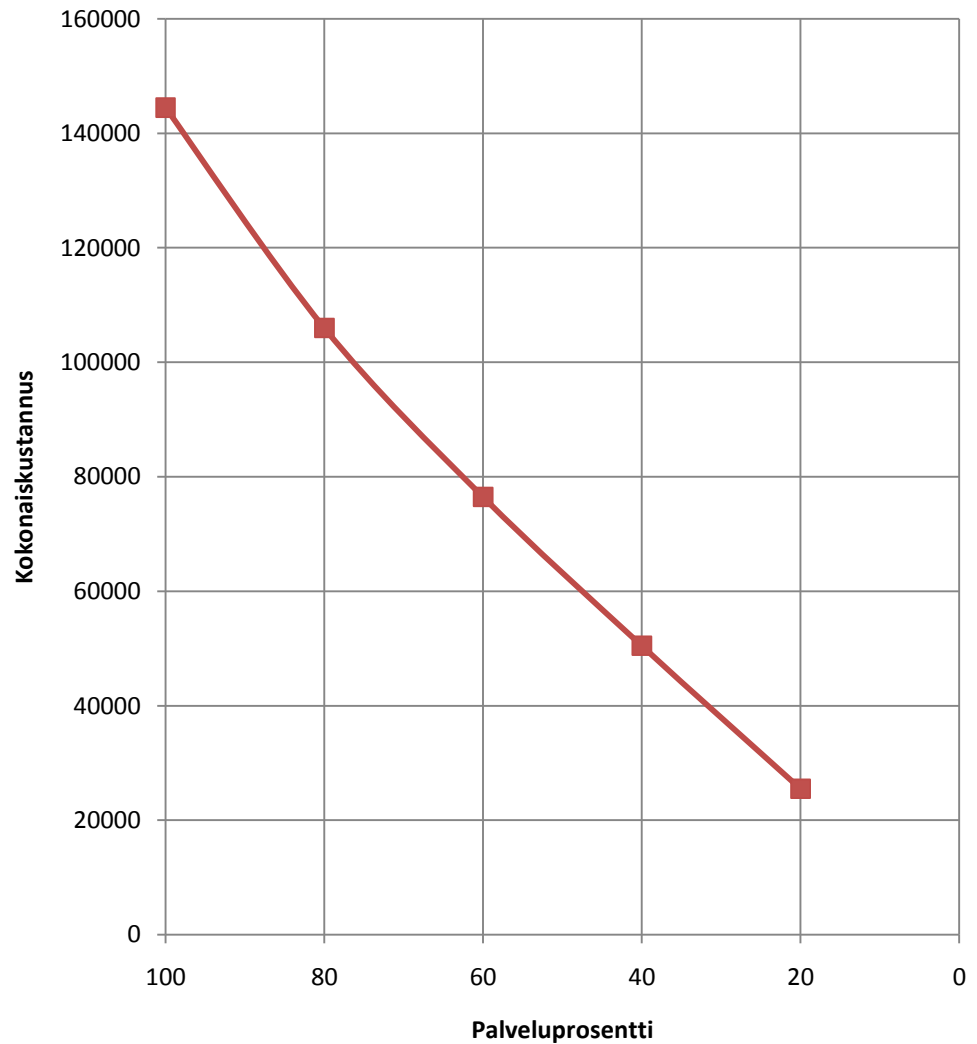
Kuvassa näkyy kokonaiskustannus palvelupeittoprosentin funktiona.

Kustannukset laskevat, kun yhä pienempää osaa väestöstä palvellaan vaaditussa ajassa. Siis kustannuksia ei voida laskea käyrän esittämistä arvoista heikentämättä palveluprosenttia.

Tuloksena syntynyt käyrä kuvaa Pareto-optimaalisen tilanteen (eli tilanteen, jossa kumpaakaan parametriä – kustannus tai palveluprosentti - ei voida parantaa huonontamatta toista).

Kustannus palvelun funktiona

asemamäärä vaihtelee



DEMO

- Tiedot syötettynä Excel-tiedostoon
- Malli ajetaan GAMS-ohjelmassa
- Tulokset saadaan samaan Excel-tiedostoon
 - I tason malli: asemien sijainti ja määrät
 - II tason malli: peittoprosentti ja kustannukset rajatulla asemamäärällä
 - III tason malli: Pareto-tehokas ratkaisu kustannusten ja palvelupeiton suhteen

KEHITYS

- Reaalisten karttatietojen ja keli ym. tietojen sisällyttäminen ja todelliseen tilanteeseen mallin soveltaminen (gradu kauppakorkeassa alkamassa)
-
- Useamman ambulanssin yhtäaikaisen tarpeen (suuronnettomuuden huomioonottaminen)
-
- Ambulanssien dynaamiset sijoituspaikat ja yleensä liikkuvuuden huomioiminen mallinnuksessa ja optimoinnissa
-
- Erilaisten ambulanssien ja asemapaikkojen syöttömahdollisuus
- Mallin herkkyyden tutkiminen ja kehitys.....