

# Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

## Projektisuunnitelma

Aihe: Panssarien taistelun optimointi / Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos

Ryhmä 2:

Ville Airo

Niki Kotilainen

Lauri Potka

Perttu Punakallio

Heikki Puustinen

Juha Tolva

Elina Valtonen

# 1. Tausta

## 1.1 Projektin aihe

Projektin aiheena on Panssarien taistelun optimointi. Työn on asettanut Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos. Projektin puitteissa luotava ohjelma sekä siihen liittyvä dokumentointi ovat julkisia.

Työssä tarkastellaan panssarivaunukomppanian hyökkäystaistelua kun vastassa on vihollisen panssarivaunujoukkue. Hyökkäävän joukon tavoite on maastonkohta vihollisen ryhmytyksen edessä. Hyökkääjän toiminta optimoidaan siten, että joko minimoidaan aika päästä tavoitteeseen tai minimoidaan omat tappiot, rajoitteena että joukko pääsee tavoitteeseensa.

## 1.2 Tavoitteet

Projektin tuloksena on ohjelma, joka laskee hyökkääjälle optimaaliset tilasiirtodennäköisyydet eri maastotyypeille. Valmistuttuaan ohjelma liitetään Puolustusvoimien käytössä olevaan luottamukselliseen tietoon perustuvaan laajempaan ohjelmistoon.

Käytännössä toimitamme aiheenasettajalle Matlab-tiedostot, jotka pitävät sisällään seuraavat asiat: joukkueiden tiedot ja tilat, simulaation ajorutiini, tavoitteet sekä graafisen esityksen. Ohjelma ottaa syötteekseen alustustiedoston, jossa on joukkueiden alustusparametrit (mm. lukumäärä, tulivoima jne.) sekä maastokartta.

## 1.3 Rajaukset

Tehtävän puitteissa ei suoriteta reittioptimointia. Oletetaan vain yksi etenemissuunta ja siten yksi ulottuvuus.

Tarkoitus ei myöskään ole optimoida parametrien arvoja. Parametrien arvot pyritään saattamaan mahdollisimman totuudenmukaisiksi julkisen tiedon perusteella. Nämä voidaan käytännössä syöttää ohjelmaan jälkikäteen tarkemman tiedon perusteella.

Ainakin aluksi oletamme että hyökkääjä ja puolustaja ajavat samanlaisilla vaunuilla. Jokainen joukkue komppanian sisällä on identtinen.

## 1.4 Kirjallisuus

Olemme tutustuneet tehtävänannossa määritellyn kirjallisuuden lisäksi seuraavaan diplomityöhön:

Jaakola, Keijo. Asevaikutus ja suomalainen maasto komppanian taistelun mallintamisessa. Diplomityö, Systemianalyysin laboratorio, TKK, 2004.

Lisäksi perehdymme kirjallisuuteen geneettisistä algoritmeista. Lisätietoja löytyy myös Matlabin GA-toolboxeista.

Tehtävänannossa määritelty kirjallisuus:

[1] Lappi, E. ja J. Kaasinen. Optimal tactics parameters for Sandis combat simulation code by using genetic algorithms. Eurogen 2007, Jyväskylä, kesäkuu 2007.

[2] Kangas, L. Taistelun stokastinen mallinnus. Diplomityö, Systemianalyysin laboratorio, TKK, 2005.

[3] Yildirim, U. Z. Extending the State-of-the-Art for the COMAN/ATCAL Methodology. Master's Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, 1999.

## 2. Toimenpiteet

Tässä kappaleessa on eritelty mallin lähtökohtia ja toimintaperiaatteita. Listaamme myös toistaiseksi identifioituja lisätietotarpeita sekä hahmottelemme projektille aikataulun. Esittelemme myös ryhmän sisäistä organisointia sekä työ- ja tehtävänjakoa.

### 2.1 Työnkulku

Suunnittelutyö on iteratiivista, mutta alkusuunnittelu on tämän dokumentin myötä saatu päätökseen. Tehtävää aletaan ratkaista kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa laaditaan pohjamalli, joka olettaa vakiomaastotyyppin. Toisessa vaiheessa asetetaan maastotyyppi muuttujaksi jonka perusteella toimintaa lähdetään optimoimaan. Tämä optimaalinen toiminta lasketaan geneettisten algoritmien avulla.

Työtä ja sen edistymistä dokumentoidaan sekä kurssin että ryhmän sujuvan toiminnan vaatimalla tavalla. Seuraavaksi laaditaan väliraportti, kun ohjelman ensimmäinen vaihe on saatu valmiiksi.

### 2.2 Mallin perusidea

Malli rakennetaan kahdessa vaiheessa, joista ensimmäisessä optimoidaan hyökkäyksen hintaa homogeenisessa vakiomaastossa. Maasto asetetaan muuttujaksi seuraavassa vaiheessa ja sen toteuttamista suunnitellaan erikseen. Perusmallissa asetetaan raja-arvoksi aika (käytettävissä X verran) ja muuttujiksi asetetaan vaunujen sijainti (oma ja vihollinen), vaunujen tilat sekä vihollisen tilat. Ensimmäisessä vaiheessa oletetaan 1 vihollistorni ja kolme hyökkääjävaunua. Vihollisen tila oletetaan stabiiliksi.

Yksittäisen panssarivaunun toimintaa kuvataan tilakonemallilla. Vaunu voi olla vaurioitunut (toimintakyvytön) tai toimintakykyinen, jolloin se voi olla eri tiloissa (mm. etenee, tulittaa ja etenee, tuliasemassa tai suoja-asemassa). Nämä toimintatilat vaikuttavat etenemisnopeuteen, todennäköisyyteen osua viholliseen, todennäköisyyteen saada osuma sekä havaitsemistodennäköisyyteen. Näihin parametreihin vaikuttaa seuraavassa vaiheessa myös maasto.

Mikäli panssari on vaurioitunut, yksi tai useampi sen ominaisuuksista saattaa olla vioittunut. Vaunu voi olla liikuntakyvytön, sen ase voi olla vaurioitunut tai viestivälineet voivat olla rikki. Jos mikään näistä ei toimi, vaunun katsotaan olevan toimintakyvytön (täysin tuhottu).

Panssarivaunun asetta mallinnetaan niin ikään eri parametreilla (tulinopeus, osumatodennäköisyys ja kohteen vaurioitumistodennäköisyys). Osumatodennäköisyys ja tulinopeus riippuvat myös muista tekijöistä, kuten vaunujen tilasta, etäisyydestä sekä maastosta.

Panssarivaunun tilat kuvataan joukkueen tasolle (kolme vaunua) suhteellisina osuuksina. Joukkueen kokonaistoiminta saadaan suhteista ja joukkuetta mallinnetaan pisteinä. Graafisesti joukkuetta voidaan kuvata ympyränä, jonka säde korreloi joukkueen vahvuuden kanssa. Jokaisen tilan vahvuus voidaan laskea Lanchesterin yhtälöiden avulla (kuvattu esim. kirjallisuuskohdassa 2). Vahvuus pienenee vaurioiden myötä.

### 2.3 Mallin toiminta

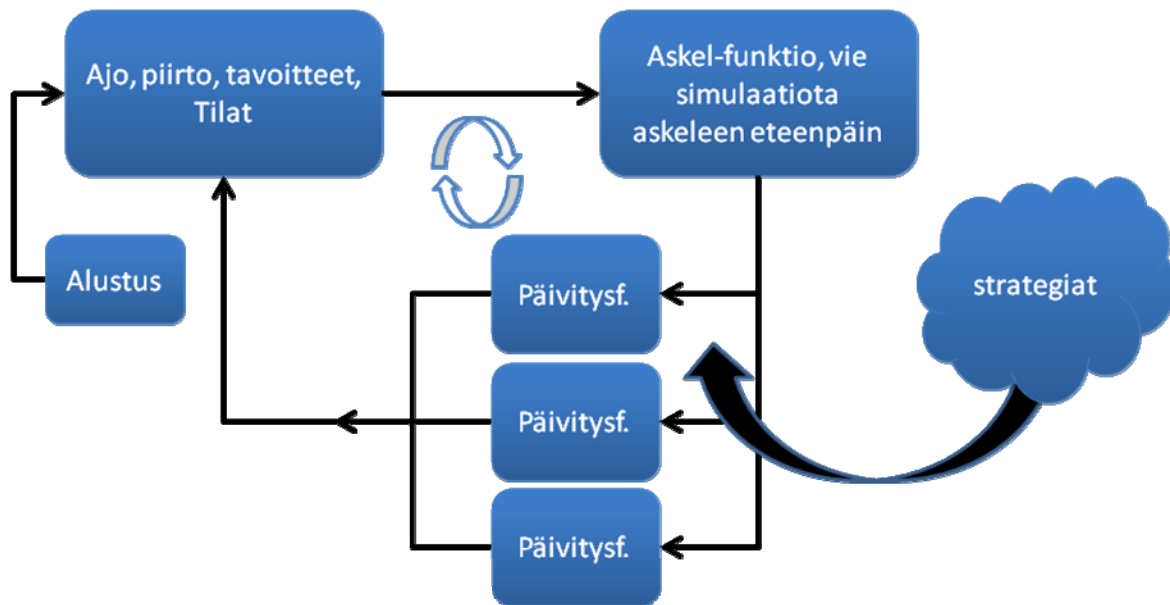
Allaoleva toimintakaavio kuvaa mallin toimintaa.

Mallissa on päällä tilanne, joka alustetaan kerran, kun ohjelma käynnistetään. Tilanne piirretään vaunujen sijaintien ja tilojen avulla. Askelfunktiolla simulaatiota päivitetään askel eteenpäin käynnistämällä päivitysfunktiot geneettisten algoritmien generoimilla arvoilla. Nämä arvot saadaan strategia-avaruudesta, joiden perusteella määrätään joukkueen eteneminen ja tilajakauma.

Päivitysfunktioita ovat maaston vaimennus (miten maasto vaikuttaa etenemiseen, näkemiseen ja osumiseen), näkemisfunktio (muuttujina etäisyys, vaimennus vihollisen tila ja oma tila) sekä ampumisfunktio (muuttujina etäisyys, vaimennus vihollisen tila ja oma tila). Edetyn aika-askeleen jälkeen tutkitaan näkemisfunktion avulla nähdäänkö vihollista. Jos vihollinen nähdään, ammutaan ampumisfunktion mukaisesti vihollista. Tiloilla on vaikutukset

päivitysfunktioihin, esim. havaitsemiskyky heikkenee vaunun ollessa liikkeellä. Samaten tilat vaikuttavat hyökkäyksen hintaan – esim. tulasemassa on todennäköisempää että vihollinen saa osuman.

Lopuksi lasketaan hyökkäyksen hinta tilajakaumasta kun joukkue on tavoitteessa. Aika lasketaan aika-askelten summana. Optimointi tehdään riippuen tavoitteesta (minimoidaan aika päästä tavoitteeseen tai minimoidaan omat tappiot). Geneettinen algoritmi löytää optimin synnyttämällä uusia ehdokkaita populaation parhaista yksilöistä. Optimiin päädytään kokonaisuuden eikä yksittäisten tilasiirtymien suhteen.



## 2.4 Lisätietotarpeita

Mallia varten tarvitaan lisätietoa geneettisistä algoritmeista yleensä sekä niiden rajoituksista. Geneettisen algoritmin toimintaperiaate ei kaikille ryhmäläisille ollut tuttua. Keskustelemme myös aiheenasettajan kanssa lisää Matlabin GA-toolboxista.

Hankimme kirjallisuudesta lisätietoja myös ohjelmassa käytettävistä parametrien arvoista (esim. etäisyyden vaikutus osumatodennäköisyyteen). Vaikkei parametrien arvojen optimointi ole keskeistä tehtävän kannalta, tarvitsemme ohjelmaa varten käyttökelpoiset oletukset, ettei malli tämän vuoksi vie väärin lopputulemiin.

Kappaleessa 1.3 on eritelty tietolähteitä.

## 2.5 Resurssit

Projektin ainoa resurssi ovat ryhmän jäsenten käytettävissä olevat taidot ja aika projektin toteuttamiseen. Ryhmässä on 7 jäsentä. Suunnitteluvaiheessa ryhmän jäsenet pl. projektipäällikkö jaettiin kolmeen kahden hengen mikrororyhmään, joiden tavoitteet ovat seuraavat:

Mikrororyhmä I: Kirjallisuuden ja teorian kartoitus

Mikrororyhmä II: Mallin parametrintointi ja rakenteen suunnittelu

Mikrororyhmä III: Ohjelman toteutuksen suunnittelu

Mikrororyhmät koettiin suunnitteluvaiheessa mielekkääksi ryhmittymis- ja työskentelytavaksi. Työn jakaminen moduuleiksi onnistui hyvin jo alkuvaiheessa ja kahden jäsenen ryhmässä on tehokas työskentely. Ryhmien työskentely myös tuki toisiaan (teorian avulla mallin ja käytännön toteutuksen iteratiivinen suunnittelu). Suunnitteluvaiheen lopussa jokainen mikrororyhmä teki lyhyen yhteenvedon saamistaan aikaansaannoksista yhteisen projektisuunnitelman ja suunnittelutapaamisen tueksi.

Kun suunnitteluvaiheesta siirrytään toteutusvaiheeseen, mikroryhmä III:n vastuulle siirtyy ohjelmointi. Mikroryhmä II tukee III-ryhmää mallin suunnittelussa, ennen kaikkea päivitysfunktioiden määrittämisessä ja parametroidinnissa. Mikroryhmä I:n vastuulla on edelleen taustatiedon hankinta (kirjallisuudesta sekä aiheenasettajilta) ja läheinen yhteistyö II-ryhmän kanssa. Kun mallin kehitys on saatu käyntiin, I-ryhmän vastuulle siirtyy enenevässä määrin dokumentointi. Projektipäällikkö osallistuu kaikkiin työvaiheisiin tarvittavilta osin ja vastaa kokonaisuuden toimivuudesta.

Ryhmän odotetaan keskimäärin käyttävän kurssin laajuuden vaatima aika projektin toteuttamiseksi. Työtaakka pyritään jyvittämään tasaisesti ryhmäläisten kesken.

Seminaarin laajuus on 5 opintopistettä per ryhmäläinen ja 7 opintopistettä per projektipäällikkö. Tämä tarkoittaa noin 135 tuntia per ryhmäläinen (ja 189 projektipäällikölle). Karkeasti arvioiden kolmasosa ajasta menee ryhmän ja kurssin puitteissa järjestettäviin tapaamisiin. Noin kolmasosa menee ohjelman toteutukseen ja kolmasosa suunnitteluun sekä dokumentointiin.

## 2.6 Aikataulu

Projektin aikataulu on listattu alla. Aikatauluun on kirjattu myös ryhmän sisäiset ja muiden sidosryhmien tapaamiset, jotka toistaiseksi on pidetty tai ovat muuten tiedossa.

23.1.2009 aloitustapaaminen ja ryhmien muodostaminen  
27.1.2009 Aiheenasettajan ja ryhmän kokoontuminen  
29.1.2009 Kurssin henkilökunnan tapaaminen ja ryhmän kokoontuminen  
6.2.2009 Ryhmän sisäinen deadline mikroryhmien suunnitteluraportteille  
9.2.2009 Ryhmän suunnittelukokous ennen projektisuunnitelman palautusta  
11.2.2009 Projektisuunnitelman palautus  
13.2.2009 Projektisuunnitelman esitys ja opponointi  
viikot 8 ja 9 Mikroryhmien itsenäistä työskentelyä + yksi yhteinen tapaaminen  
23.2.2009 Koko ryhmän kesken tapaaminen + sopimus seuraavista tavoitteista  
2-5.3.2009 Mallin ensimmäinen versio valmiina  
6.3.2009 Väliraportin esittely + mallin seuraavan version ominaisuuksien määrittely  
x.3.2009 Mikroryhmien työskentelyä  
x.4.2009 Mallin lopullinen versio valmiina  
x.4.2009 Raportti valmiina  
24.4.2009 Loppuraportin esittely

Tavoite on projektin aikana tavata koko ryhmän kesken tarvittaessa – kuitenkin vähintään kahden viikon välein sekä muina kurssin vaatimina ajankohtina. Tämän lisäksi ”mikroryhmät” ja ryhmän osat voivat tavata tarvittaessa keskenään jonkin osatehtävän puitteissa.

Väliraportti-vaiheessa ohjelman ensimmäisen vaiheen tulee olla valmis. Aiheenasettajalle toimitetaan pohjamalli maaliskuun alussa ja sen toimintaa käydään yhdessä läpi.

Ryhmän sisäinen deadline koko työn valmistumiselle on kaksi viikkoa ennen loppuraportin esittelyä.

Tähän mennessä ohjelma on valmis esitettäväksi aiheenasettajalle ja myös dokumentointi on loppusuoralla. Ohjelma viimeistellään aiheenasettajalta saadun palautteen perusteella ja loppuraportti laaditaan vaaditussa laajuudessa valmiiksi.

## 3. Riskit

Seuraavassa on eritelty Ahti Salon Projektityön lähtökohtia –dokumentissa esitettyjä riskejä.

### **3.1 Valmistelu ja asettaminen tehty puutteellisesti**

Koemme aiheen valmistelun ja asettamisen tehdyn perusteellisesti aiheenasettajan osalta. Aiheenasettajalla on kokemuksia vastaavanlaisten projektien teettämisestä mm. diplomitöiden muodossa. Ohjelmalla on myös käytännön tilaus aiheenasettajalla käytössä olevan ohjelmiston laajenuksena.

### **3.2 Johdon tai tilaajan tuki riittämätön**

Aiheenasettajat ovat maininneet olevansa paljon poissa/matkoilla, mutta oletuksena on, että jompi kumpi on jatkuvasti tavoitettavissa. Pyrimme minimoimaan riskin tilaajan tuen riittämättömyydestä selvittämällä ja rajaamalla tehtävänannon riittävän tarkasti heti alussa. Uskomme myös tuen riittävän sillä projektille on aiheenasettajalla selkeä tilaus.

### **3.3 Rajaukset epäselviä**

Olemme täsmentäneet tehtävänannon yhdessä aiheenasettajan kanssa ja rajaukset on myös käyty läpi koko ryhmän kesken. Käytännön työ osoittaa ovatko suunnitelmavaiheessa tehdyt rajaukset riittäviä ja joudutaanko niitä mahdollisesti tekemään lisää.

### **3.4 Osapäiväisyydet ja yliorganisointi**

”Kahden henkilön 50% panostus on tosiasiallisesti vähemmän kuin yhden sitoutuneen henkilön 100 % panostus”. Työnjakaminen on haastavaa 7 ryhmäläisen kesken. Tätä riskiä on pyritty minimoimaan jakamalla ryhmä kolmeen mikroryhmään, joista kukin keskittyy tiettyyn aihealueeseen. Kahden hengen mikroryhmät ovat pitkälti itseohjautuvia eikä ”kaikkien tarvitse tehdä kaikkea”. Hyvän kommunikoinnin avulla pyrimme välttämään päällekkäisyyksiä ja toisaalta yhteistyötä projektin osa-alueiden saumakohdissa.

### **3.5 Projektihurahtaneisuus**

Koemme mielekkäänä ohjelman toteuttamisen projektina.

### **3.6 Ristiriidat vastuu- ja valtasuhteissa**

Kaikilla ryhmän jäsenillä on yhtäläinen vastuu projektin toteutumisesta. Projektipäällikkö on sitoutunut pitämään viime kädessä huolen, että ryhmä toimittaa sen minkä on luvannut. Työtehtävät on pyritty jakamaan kunkin ryhmäläisen oppimistavoitteiden ja aikaisemmin hankittujen taitojen perusteella. Riskinä on, että joku ryhmäläinen ei suoriudu tehtävästään tai pitää työtaakkaansa liian suurena. Tätä riskiä pyritään välttämään riittävällä kommunikaatiolla ja toisaalta mahdollisimman tasaisella työnjaolla.

### **3.7 Henkilöristiriidat ja väärät henkilövalinnat**

Ryhmä on valittu arvalla eivätkä kaikki ryhmäläiset tunteneet alunperin toisiaan. Henkilöristiriitoihin johtavia tilanteita pyritään välttämään selkeällä työnjaolla ja riittävällä kommunikaatiolla. Jos henkilöristiriitoja ilmenee niihin pyritään reagoimaan tilanteen vaatimalla tavalla. Suunnitteluvaiheessa mikroryhmien ja ryhmän sisäinen yhteistyö on ollut saumatonta.

### **3.8 Epärealistiset tavoitteet**

Projektin tavoite on neuvoteltu yhdessä aiheenasettajan kanssa ja se vaikuttaa suunnitteluvaiheessa realistiselta. On toki huomionarvoista, että tässä vaiheessa projektia aiheenasettajalla on merkittävästi parempi tieto tehtävän laajuudesta ja tavoitteen saavuttamisen vaativasta työmäärästä. Jos jossain vaiheessa projektia voidaan perustellusti osoittaa, että tavoitteen saavuttaminen koko projektin osalta mahdotonta, otetaan asia saman tien esille sekä aiheenasettajan että kurssin henkilökunnan kanssa. Ryhmän sisäisen työnjaon osalta resurssien riittävyteen ja tehtävän suorittamisen mielekkyyteen pyritään vaikuttamaan kohdissa 6.4 ja 6.6 kuvatuilla menetelmillä.

### **3.9 Työmenetelmät itseisarvoina**

Pyrimme keskittämään projektityöskentelyn ainoastaan vaadittuihin asioihin. Toteutustapa ei ole itseisarvo vaan kaiken työskentelyn tulee olla tuloksellista ja tavoitella projektin lopputuloksen saavuttamista.

### **3.10 Suunnitteluvirheet**

Suunnitteluvirheitä ei voida välttää mutta niitä on pyritty minimoimaan koko ryhmän sitouttamisella suunnitteluun ja varmistamalla että kaikki ymmärtävät mitä ollaan tekemässä. Myös ryhmän mikrojakko on tehty jo projektin tässä vaiheessa, jotta paitsi työnjako, myös sen suunnittelu olisi selkeää. Suunnittelua jatketaan myös projektin tulevaisissa vaiheissa. Aikataulu ja kultakin ryhmäläiseltä vaadittava työmäärä on ollut tiedossa projektin alusta asti.