



Scenarioverktyg för luftvärnssimuleringar

Funktionsvision

HUGO HEDEN, ROBERT HELLMANS, NICLAS STENSBÄCK

Hugo Heden, Robert Hellmans, Niclas Stensbäck

Scenarioverktyg för luftvärnssimuleringar

Funktionsvision

Titel	Scenarioverktyg för luftvärnssimuleringar
Title	Ground Based Air Defence scenario simulation tool
Rapportnr/Report no	FOI-R--3939--SE
Månad/Month	September
Utgivningsår/Year	2014
Antal sidor/Pages	62 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	FMV
Forskningsområde	11. Vapen, Skydd och säkerhet
FoT-område	Vapen och skydd
Projektnr/Project no	E36504
Godkänd av/Approved by	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Informations- och Aerosystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden.

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729). Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

Sammanfattning

Inom projektet Vapensystemvärdering utfördes under 2014 en behovsanalys gällande verktygsstöd för modellering och simulering av luftvärn. Detta då Försvarsmakten bedömt att stöd från FOI inom detta område kommer att efterfrågas i ökad omfattning. En slutsats av analysen var att tillfredställande verktygsstöd saknas framför allt för simuleringar på scenarionivå, dvs. ett scenarioverktyg.

I denna rapport presenteras en vision av funktioner i ett sådant scenarioverktyg. Rapporten är konceptuellt nära en kravspecifikation för verktyget men saknar den detaljeringsnivå och prioritering av funktioner som behövs för att uttalat vara en sådan.

Verktygets vision presenteras i tre steg. Det första är en beskrivning av verktygets tänkta tillämpningsområden. Därpå följer en uppsättning användningsfall som beskriver delar av de funktioner som verktyget tillhandahåller och som även kan ge insikt i hur man kan arbeta med verktyget. Slutligen ges en mer detaljerad beskrivning av viktiga beståndsdelar och modeller i verktyget.

Nyckelord: Luftvärn, verktygsstöd, modellering och simulering, behovsanalys, scenarioverktyg, simuleringsverktyg

Summary

Within the project 'Weapon systems assessment' a needs analysis, with regards to support tools for the modeling and simulation of ground based air defence systems, was carried out in 2014. The analysis was motivated by Swedish Armed Forces expectations that need of support from FOI will increase for simulation of such systems. The conclusion of the analysis was that satisfactory support tools are missing, above all for simulations at scenario levels.

A vision of the desired functions for a scenario simulation tool is presented in this report. This report is conceptually close to a requirements specification for the tool but lacks the level of details and the functions' priority levels necessary for being a formal requirements specification.

The vision for the tool is presented in three steps. The first step is a description of the tool's prospective fields of application. Thereafter follows a set of use cases describing part of the functions that the tool would provide and that also may provide insight into how to work with the tool. Finally a more detailed description of key components and models in the tool is provided.

Förkortningar:

I detta avsnitt listas vanligt förekommande förkortningar.

Förkortning	Betydelse
2D	2-dimensionell
3D	3-dimensionell
3-DOF	Three Degrees Of Freedom
DEAD	Destruction of Enemy Air Defense
DTED	Digital Terrain Elevation Data
EO	Elektro-Optisk
ETA	Estimated Time of Arrival
Elde	Eldenhets
Lv	Luftvärn
PN	Proportional Navigation
RAM	Rocket Artillery Mortar
ROE	Rules Of Engagement
SEAD	Suppression of Enemy Air Defense
SIS	Signal Intelligence Sensor
SLS	Surface Launched Short Range

Innehållsförteckning

Förkortningar:	5
1 Inledning	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte.....	9
1.3 Läsanvisningar.....	9
2 Begrepp och terminologi	10
3 Verktögsvision	12
3.1 Övergripande mål	12
3.2 Scenarioverktyg för luftvärnstillämpningar	12
3.3 Presentation.....	12
3.4 Utvärdering & Analys	13
3.5 Hjälpfunktioner	14
4 Tillämpningsområden	15
4.1 Studie av enkel duell	15
4.2 Försvar av ett specifikt skyddsobjekt.....	16
4.3 Mättnadsanalys.....	16
4.4 Värdering av Lv-förband på konceptuell nivå	17
4.5 Studier vid anskaffning av nya luftvärnssystem	18
4.6 Taktikutveckling för IRIS-T SLS.....	18
4.7 Taktikutvärdering	18
4.8 Penetration av luftvärn.....	19
4.9 Demonstrationer	19
4.10 Avdömning av spelsituationer.....	19
5 Användningsfall	20
5.1 Introduktion	20
5.1.1 Syfte och terminologi	20
5.1.2 Tillämpning av användningsfall i denna rapport	20
5.1.3 Användare och roller	21
5.2 Översikt.....	22
5.3 Konfigurera simulering.....	23
5.3.1 Konfigurera stridsscenario.....	24
5.3.2 Konfigurera parametervariation	31
5.4 Importera simuleringskonfigurering	32
5.5 Exekvera simulering	33
5.5.1 Agera som operatör	34

5.6	Konfigurera felsökning	35
5.7	Importera simuleringsresultat.....	36
5.8	Analysera simuleringsresultat	37
5.9	Jämföra två simuleringsresultat	38
5.10	Utöka bibliotek.....	39
5.10.1	Importera modell	40
5.10.2	Skapa enhet.....	41
6	Detaljerade funktionsbeskrivningar	42
6.1	Introduktion	42
6.2	Översikt	43
6.3	Enhetsmodeller	45
6.3.1	Lv-Förband.....	45
6.3.2	Hotförband	47
6.3.3	Skyddsobjekt.....	49
6.4	Modeller	49
6.4.1	Vapenmodeller	49
6.4.2	Beslutsmodell.....	50
6.4.3	Uppdragsmodeller.....	50
6.4.4	Sensormodell	51
6.4.5	Kommunikationsmodeller.....	52
6.4.6	Hårdhetsmodeller.....	52
6.4.7	Omgivningsmodeller	52
6.5	Bibliotek.....	53
6.5.1	Enhetsbibliotek.....	53
6.5.2	Modellbibliotek	54
6.6	Presentationsfunktioner	54
6.6.1	Scenariovy	54
6.7	Analysfunktioner.....	55
6.7.1	Statistik och analys	55
6.7.2	FlygbaneploTT	56
6.7.3	Parametervariation.....	58
6.7.4	Loggar	58
6.7.5	Återuppspelning	59
7	Slutsatser och diskussion	61
	Litteraturförteckning	62

1 Inledning

1.1 Bakgrund

FOI har lång erfarenhet av att genomföra modellering och simulering inom luftvärnsområdet. Myndigheten har ofta deltagit som stöd till Försvarsmakten eller FMV i samband med studieverksamhet, demonstrationer, utbildningar och avdömning vid krigsspel.

Som stöd till dessa aktiviteter har FOI länge främst använt verktyget SILVIA¹. Detta verktyg är dock sedan flera år utdaterat och anses inte längre möjligt att använda i sådan verksamhet.

För närvarande pågår en införandeprocess av ett nytt korträckviddigt Lv-system, IRIS-T SLS. Dessutom finns planer på anskaffning av ett långräckviddigt system. Behovet av modellering och simulering inom luftvärnsområdet bedöms därför öka de kommande åren.

Då SILVIA fasats ut har situationen gällande verktygsstöd för modellering och simulering på luftvärnsområdet ansetts otillfredsställande. Därför har under 2014 en aktivitet genomförts för att kartlägga behov härvidlag. Det här dokumentet är en översiktlig kravställning, en funktionsvision, som vid behov kan specificeras ytterligare.

Som en inledande fas av detta arbete har projektet genomfört en analys för att utreda framtida behov av verktygsstöd för modellering och simulering inom luftvärnsområdet. Analysen [1] visar att det finns behov av stöd inom nedanstående områden:

- Värdering på konceptuell nivå av luftvärnsförband med olika sammansättning.
- Stöd till taktik- och doktrinutveckling.
- Jämförande värdering på taktisk nivå av luftvärnssystem i samband med anskaffning.
- Demonstrationer av hur stridsscenarier på taktisk nivå med luftvärn involverat fortlöper.
- Avdömning av luftvärnsrelaterade situationer vid krigsspel.

Detta indikerar att det fortfarande finns ett behov av ett s.k. *scenarioverktyg* för luftvärnstillämpningar, dvs. ett verktyg som till någon nivå motsvarar SILVIA.

Analysen visar att det även finns ett behov av stöd till modellering och simuleringsverksamhet inom nedanstående områden:

- Systemtekniska studier.
- Komponenttekniska studier.

I analysen har det dock framkommit att detta tills vidare kan lösas med befintliga verktyg. Således har man valt att avgränsa vidare kravställningsarbete till att omfatta ett scenarioverktyg. Det har dock noterats i analysen att analytiker i vissa studier på taktisk nivå i ett scenarioverktyg vill kunna använda detaljerade modeller ursprungligen utvecklade för system- eller komponenttekniska analyser (s.k. ”vertikal modellintegration”).

¹ SILVIA – Simulering av luftvärn i ADA

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att redovisa en kartläggning av behov som finns gällande ett scenarioverktyg till stöd för modellering och simulering på luftvärnsområdet. Rapporten skall kunna tjäna som underlag för beslut huruvida man skall anskaffa ett kommersiellt verktyg (och i så fall vilket som skall väljas) eller genomföra verktygsutveckling vid FOI. Om det senare alternativet väljs skall rapporten även kunna fungera som utgångspunkt för en detaljerad kravspecifikation.

1.3 Läsanvisningar

Avsnitt 1.1 och 1.2 avser att ge bakgrund och syfte till varför denna rapport produceras.

För att rapporten ska ha en entydig vokabulär innehåller kapitel 2 definitioner av de begrepp och den terminologi som används i texten. Avsnittet kan användas som en uppslagsfunktion.

Kapitel 3 ger en övergripande vision av hur ett verktyg skulle kunna realiseras. En sådan vision kan med fördel användas som en bild i den fortsatta läsningen med syfte att ge en ökad förståelse för verktygets tillämpning, funktioner och nytta.

Kapitel 4 – 6 ger en beskrivning av verktygets tänkta användning och funktioner:

Tillämpningsområden

Här ges exempel på tillämpningar där verktyget ska kunna ge stöd. Dessa beskrivs översiktligt och syftar till att ge en inramning av verktygets användningsområden.

Användningsfall

Här definieras olika användarroller samt hur de avser att använda verktyget för att lösa specifika uppgifter inom något eller några tillämpningsområden.

Detaljerad funktionsbeskrivning

Här ges detaljerade beskrivningar av flera funktionsområden.

Rapporten riktar sig till flera kategorier av läsare t.ex. beslutsfattare, beställare, användare, utvecklare.

- Beslutsfattare/beställare behöver läsa fram till tillämpningsområden och eventuellt avsnittet om användningsfall.
- Användare behöver även läsa avsnittet om användningsfall och eventuellt den detaljerade funktionsbeskrivningen för att få en djupare förståelse av hur verktyget ska kunna användas.
- Utvecklare omfattas av hela dokumentet då alla dess delar syftar till att användas i verktygets vidare kravställning och realiseringsfas.

2 Begrepp och terminologi

Nedan definieras ett antal begrepp och termer som används i rapporten. Vissa begrepp återkommer i kapitel 6 med en mer detaljerad beskrivning av deras innebörd.

Anfallsmål:

Ett objekt som ett eller flera hotförband avser att oskadliggöra. Kan sammanfalla med ett försvarande förbands skyddsobjekt.

Brytpunktsbana:

En flygbana (eller markbaserad bana) bestående av segment med givna start och slutkoordinater, brytpunkter. Varje brytpunkt kan också associeras med annan information t.ex. hastighet eller ETA.

Eldenhhet:

En eldenhet består av en robotlavett med ett antal vapenenheter eller ett eldrörsluftvärn. En sensor för eldledning kan också ingå.

EldExx:

En eldenhet för ett specifikt vapen, t.ex. EldE97 är en eldenhet för Rb97. ("EldENy" är en beteckning som används för en eldenhet inom ett i Sverige ej ännu anskaffat Lv-system.)

Enhet:

En enhet i ett stridsscenario har en fysisk (verklig) motsvarighet, t.ex. en sensor. Ett stridsscenario är uppbyggt av en eller flera enheter. Enheter är det som verktygsanvändaren konkret ser under en simulering, t.ex. kan användaren välja att flytta eller ta bort en enhet.

Enhetsmodell:

Den modell som under simulering beräknar egenskaper och uppträdande för en enhet. Kan bestå av specifika förmågemodeller för vissa förmågor.

Frisiktsdiagram:

Diagram som för en viss grupperingsplats på marken visar inom vilket område man från platsen kan se enheter på en viss höjd. Området begränsas av höjdvariationer kring grupperingsplatsen, och jordytans krökning.

Förband:

En samling enheter organiserad med avsikt att utföra en uppgift, t.ex. anfälla ett anfallsmål, eller försvara ett skyddsobjekt.

Förmågemodell:

En modell som under simulering beskriver uppträdandet för en förmåga. T.ex. beskriver en vapenmodell ett vapens uppträdande.

Hot/hotförband:

En samling enheter organiserade med avsikt att anfälla ett anfallsmål och/eller hindra luftvärnet att verka (SEAD/DEAD).

Hotenhet:

En enhet i ett hotförband.

Kvalificerat hot:

Ett hotförband eller en hotenhet som anpassar sitt beteende {väg, hastighet, höjd, manöver} efter hur scenariot fortlöper för att t.ex. minimera upptäckt eller att maximera utfallet av sin uppgift. Ett kvalificerat hot genomför inte nödvändigtvis sin uppgift genom att följa en förutbestämd bana.

Ledningsenhet:

Enhet i ett Lv-förband som sammankopplas med sensorenheter och eldenheter. Här sker bl.a. sensorfusion, ROE, hotutvärdering, målprioritering och insatsbeslut.

Luftlägesbild:

Presentation av hotförband i en ledningsenhet på någon nivå. Kan vara en fusion av flera sensorers information alternativt utgöras av facitdata.

Lv-enhet:

En enhet i ett luftvärnsförband.

Gradering av modell:

Gradering av modeller är applicerbart på i huvudsak förmågemodeller.

Typ-I Modell, modeller med hög detaljeringsnivå. Modellen implementeras med detaljerade funktioner.

Typ-II Modell, modeller med lägre detaljeringsnivå. Modellen implementeras med enkla funktioner som går att parameterisera med ett fåtal parametrar.

Omgivningsmodeller:

Omgivningsmodeller är de modeller som representerar omvärlden i scenariot som inte definieras av enheterna. Exempel på omgivningsmodeller är atmosfärsmodeller, vädermodeller, terrängmodeller.

pKill eller pTräff:

Sannolikheten att ett givet avfyrande bekämpar sitt mål.

RbNy:

Generaliserad beteckning för hypotetisk ”ny” luftvärnsrobot som är planerad att anskaffas till svenskt luftvärn.

Scenariovy:

Presentationsvy för ett stridsscenario, t.ex. kartliknande vy i 2D (i denna rapport benämnd scenariovy-2D) eller 3D-vy (benämnd scenariovy-3D).

Sensor:

Funktion som producerar underrättelseinformation (underrättelsesensor) eller en funktion som används för att stödja en vapenenhet (eldledningssensor).

Sensortäckningsdiagram:

Diagram som visar det område eller den volym där en sensor kan upptäcka ett mål. Påverkas av flera faktorer t.ex. terräng, väder, målets signatur (radar eller IR).

Skyddsobjekt:

Ett objekt som luftvärn avser att försvara. I verktyget är ett skyddsobjekt en enhet med en tillhörande utbredning och eventuell modell för hårdhet.

Stridsscenario:

Det scenario som ska studeras. Innehåller luftvärnsförband med skyddsobjekt och hotförband med anfallsmål.

Vapenenhet:

Det vapen som ingår i en eldenhet eller hotenhet t.ex. en luftvärnsrobot, ett eldrörsluftvärn eller en kryssningsrobot.

Verkansdiagram:

Diagram som presenterar det område eller volym där en vapenenhet har effekt.

Terrängbeklädnad:

Terrängens ytskikt, t.ex. sand eller skog.

Typ-I Modell, Typ-II Modell:

Se *Gradering av modell*.

3 Verktögsvision

3.1 Övergripande mål

Realiseringen av det verktyg som skisseras i denna rapport avser att vara användbart för FOI:s personal; de experter och utvecklare som är delaktiga i att stödja Försvarmakten vid luftvärnsstudier samt vid utvecklandet av modeller av luftvärnsrobotar.

Verktöget ska vara möjligt att anpassa till behov som kan uppkomma i framtiden.

Verktöget kommer att använda modeller för att simulera uppträdanden hos enheter som ingår i det simulerade stridsscenariot. Det är viktigt att det med kostnadseffektiva metoder går att säkerställa en försörjning av dessa modeller, både avseende kvalitet och kvantitet. De tänkta tillämpningarna kommer att ställa olika krav på modellernas detaljeringsgrad och även detta måste kunna hanteras av modellförsörjningskedjan.

3.2 Scenarioverktyg för luftvärnstillämpningar

I ett scenarioverktyg för luftvärnstillämpningar simuleras hur ett luftvärnsförband uppbyggt av specifika enheter samverkar för att uppnå ett syfte. Ett sådant syfte är vanligtvis att försvara ett skyddsobjekt mot ett hotförband, även det sammansatt av samverkande enheter. Samtliga dessa enheter bildar ett stridsscenario.

Utvärderingsresultat fås genom att verktyget exekverar samtliga enheters simuleringsmodeller. Dessa modeller beskriver enheternas egenskaper och funktioner till en given detaljeringsnivå.

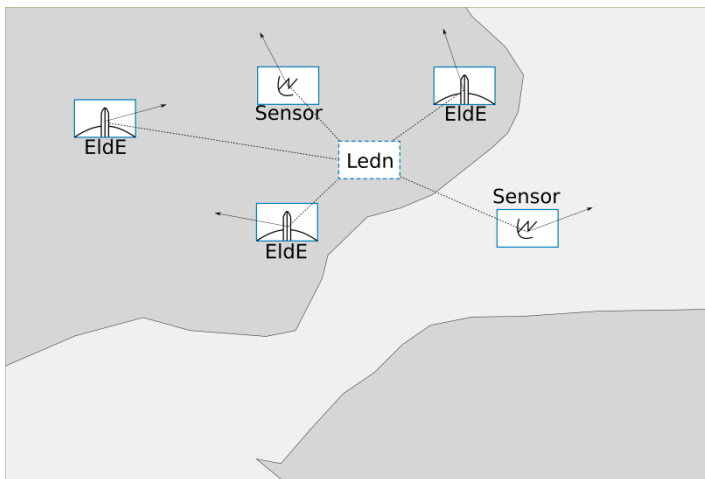
Ett exempel är en luftvärnseldenheter vilken bl.a. innehåller ett vapen vars uppträdande efter avfyrning beskrivs av en vapenmodell. Eldenheter har en annan modell som beskriver hur omladdning sker. Omladdning är i de flesta fall en kraftigt förenklad modell som bara är parameteriserad av en omladdningstid. En vapenmodell kan å andra sidan vara mycket detaljerad.

3.3 Presentation

Scenarioverktyget skall ha en grafisk översikt, en scenariovy utformad som en ”kartvy” i 2D, för att visa stridsscenariot och dess exekveringsprogress.

I scenariovyn visas luftvärnsförbandets gruppering kring ett skyddsobjekt. Där framgår specifikt förbandets olika enheter t.ex. eldenheter, sensorer och ledningsenheter. Vidare kan man åskådliggöra information om prestanda för förbandets olika delar, t.ex. sensortäckning eller ett verkansområde för ett luftvärnsvapen. När simuleringen exekverar visas i en animering bl.a. hur avfyrate robotar rör sig och sensorer som aktiveras.

I scenariovyn framgår även de olika hotförband som är luftvärnets motståndare i scenariot. Hoten kan utgöras av t.ex. attackflyg, kryssningsrobotar eller transportplan med uppgift att genomföra en luftlandsättningsoperation. Även för hotförbanden kan man åskådliggöra information så som anfallsmål, anfallsvägar (brytpunktsbanor) eller bäring för en störningsplattform (SEAD).



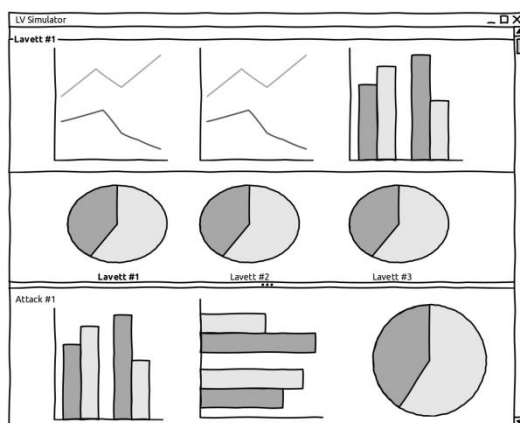
Figur 1: Principexempel av scenariovy i 2D med ett grupperat luftvärnsförband.

Som komplement till scenariovyn i 2D finns även en scenariovy i 3D² som ger användaren en tydligare bild av t.ex. terrängvariationer (höjd, terrängbeklädning) och jordytans krökning.

3.4 Utvärdering & Analys

Utvärdering och analys av en simulering sker genom observation av hur scenariot fortlöper under exekvering eller återuppspelning. Dessutom finns det möjlighet att presentera statistik och diagram av olika slag då simuleringen exekverat färdigt. Exempel:

- Hur många samtidiga mål kan bekämpas av luftvärnet, dvs. när uppstår mättnad.
- Utfall av hotets uppdrag, dvs. hur många träffar observerades i anfallsmålet.
- Hur många luftvärnsenheter har bekämpats, effekt av hotets DEAD-förmåga.



Figur 2: Exempel, statistikdiagram

I verktyget finns också funktioner som underlättar möjligheten till att genomföra utvärderingar, dessa funktioner utgörs av:

² Jämför t.ex. Google Earth, NASA World Wind, osgEarth

- Loggning av variabler t.ex. positioner för hot, avfyrningstidpunkter.
- Monte-Carlo simulering där parametrar varieras slumpmässigt, t.ex. pKill.
- Batch-körning där parametrar varieras deterministiskt t.ex. verkansystemets räckvidd eller hotets valda anflygningshöjd.

3.5 Hjälpfunktioner

Det finns i verktyget funktioner för att underlätta då ett scenario eller en modell inom verktyget ska realiseras eller felsökas. Funktioner inkluderar:

- Forcera idealiserade fördröjningar i ledningsstrukturer.
- Forcera en idealiserad luftlägesbild i alla Lv-enheter.
- Observera luftlägesbild i en specifik ledningsenhet.
- Ta bort alla terrängeffekter.
- Presentera händelsediagram som visar hur olika enheter agerar då scenariot exekveras.

4 Tillämpningsområden

I detta avsnitt redovisas några exempel på tillämpningar där verktyget är tänkt att användas. För varje tillämpning ges en kort beskrivning av dess syfte, konfiguration samt exempel på specifika frågeställningar som tillämpningen avser att besvara.

Exemplen i avsnitt 4.1 – 4.4 är av allmän studiekaraktär och de har även en historisk koppling. De spänner från en minimalistisk duellkonfiguration till ett omfattande försvarsscenario.

Exemplen i avsnitt 4.5 – 4.7 är studieområden som bedöms som relevanta i en direkt närtid.

Exemplet i avsnitt 4.8 visar en omvänd frågeställning, hur kan ett eget flygförband penetrera ett fientligt luftvärn?

Avsnitt 4.9 visar ett tillämpningsområde där verktyget används vid olika former av demonstrationer.

Det sista exemplet, avsnitt 4.10, visar verktygets tillämpning som hjälpmedel i spelsituationer.

Tidsaspekten för att genomföra simuleringar är också viktig. Storskaliga scenarier motsvarande [2] (FoRMA-luftvärn) representerar ena ytterligheten där simuleringar får ta lång tid, i storleksordningen dagar-vecka, att genomföra. De andra ytterligheterna är demonstrationer och spelavdömningsar där simuleringar ska kunna genomföras i realtid eller snabbare, dvs. tidsskalan är minuter. Övriga tillämpningsområden hamnar mellan dessa två ytterligheter.

Detaljeringsgraden för de modeller som används i de olika tillämpningsnivåerna varierar och måste egentligen anpassas helt till den specifika situationen. Generellt kan man möjligen anta att lägre detaljeringsgrad är aktuellt i scenarier med stor komplexitet.

4.1 Studie av enkel duell

Beskrivning:

Detta exempel handlar om att studera en enkel duellsituation mellan ett enstaka hot och en enkel luftvärnskonfiguration.

Konfiguration:

Hotet kan utgöras av något av följande system:

- Kryssningsrobot.
- Attackflyg.
- Taktisk ballistisk robot³.
- RAM⁴.

Hotet kan uppträda kvalificerat eller anfalla längs en fast och förutbestämd anflygningsbana.

Luftvärnskonfigurationen består av enstaka sensorer, en ledningsenhet och enstaka eldenheter.

Studiefrågor:

³ Ballistisk kortdistansrobot, ett exempel är den Sovjetiska roboten R-11 *Zemlya* mer känd under Nato beteckningen SS-1 *Scud*.

⁴ Rocket Artillery Mortar. Angrepp med raketer, artilleri eller granatkastare.

- Förmåga att bekämpa olika hot.
- Förmåga att överleva anfall.

Dessa kan bl.a. studeras som en funktion av följande egenskaper:

- Vapenenhetens räckvidd.
- Sensorräckvidd.
- Sensorgruppering, inkluderande terrängens effekter på sensorräckvidd.
- Anfallsrutt {höjd, hastighet}.
- Grad av stödjande SEAD-funktioner.

4.2 Försvar av ett specifikt skyddsobjekt

Beskrivning:

Studera möjligheten för ett luftvärnsförband att försvara ett skyddsobjekt, t.ex. en flygbas eller ett rörligt förband, mot anfall med olika komplexitetsgrad.

Konfiguration:

De konfigurationer som används i denna typ av scenario kan variera i komplexitet alltifrån enkla duellscenarier enligt avsnitt 4.1 upp till komplexiteten i konfigurationer enligt avsnitt 4.3.

Jämfört med enkla duellscenarier tillkommer dock konfiguration av skyddsobjektets egenskaper så som hårdighet mot träffar.

Studiefrågor:

- Förmåga att skydda ett område eller punkt.
- Kostnad (t.ex. tidsåtgång, antal avfyrate vapen, antal förlorade flygplan) för en anfallare att bekämpa luftvärnet eller ett skyddsobjekt.
- Luftvärnets uthållighet.

Detta kan ske då en eller flera konfigurationer varierar, exempelvis:

- Räckvidd för vapenenheten.
- Omladdningstid för eldenheten.
- Sensorräckvidd.
- Sensorgruppering, inkluderande terrängens effekter på sensorräckvidd.
- Mängden sensorer, med eller utan samverkan med varandra.
- Anfallsrutt {höjd, hastighet}.
- Bränslemängd hos flygenheter.
- Grad av stödjande SEAD/DEAD-funktioner.
- Samverkan mellan olika vapenenheter t.ex. system med kort och lång räckvidd.

4.3 Mättnadsanalys

Beskrivning:

I detta exempel studeras försvar mot ett omfattande anfall. Anfallet kan innehålla flera olika typer av hotenheter med olika anfallsmål. Även luftvärnsförbandet kan ha en komplex sammansättning med uppgifter att försvara specifika skyddsobjekt, områden, rörliga förband eller kombinationer av dessa.

Konfiguration:

De scenarier som används i studier av denna typ kan involvera ett stort antal objekt:

- Anfall med upp till 100-tals kryssningsrobotar.
- Anfall med upp till 100-tals attackflygplan.
- Anfall med upp till 100-tals taktiska ballistiska robotar.
- Hot kan uppträda kvalificerat och/eller anfalla längs förutbestämda rutter.
- Anfallet kan fördelas med tidsmässigt separerade anfallsvågor mot ett eller flera mål.
- Hot kan stödjas med SEAD- och DEAD-system.
- Luftvärnet kan bestå av flera olika eldenheter innehållande
 - robottyper med olika karaktäristik
 - eldrörsluftvärn.
- Luftvärnet kan använda upp till ett 20-tal sensorer.
- Luftvärnet kan använda upp till ett 20-tal eldenheter.
- Luftvärnet kan använda en komplex ledningsstruktur/taktik.
- Luftvärnet kan samverka med flygvapnets sensornätverk.

Studiefrågor:

Enligt avsnitt 4.1 och 4.2.

4.4 Värdering av Lv-förband på konceptuell nivå

Beskrivning:

Ett viktigt tillämpningsområde är värdering av olika sammansättningar av luftvärnsförband på en konceptuell och övergripande nivå. Man kan t.ex. vilja förstå vilken försvarande effekt man får av ett förband sammansatt av enbart många korträckviddiga enheter, och jämföra detta med ett förband bestående av färre korträckviddiga enheter i kombination med ett antal långräckviddiga. Ett annat exempel är frågor kring när och hur mycket man vinner på att ha underrättelsesensorer av både radar- och IR-typ, i jämförelse med att bara använda den ena varianten.

Här kan det vara önskvärt med enkla vapen- och sensormodeller, då man inte är ute efter att efterlikna verkliga system utan snarare jämföra effekter av olika egenskaper på konceptuell nivå.

Konfiguration:

I detta tillämpningsområde arbetar man antagligen med många-mot-många-scenarier. Eftersom vapen och sensorer modelleras med låg detaljeringsgrad är enkla en-mot-en-scenarier inte av intresse.

Studiefrågor:

- Förmåga att skydda ett område eller punkt för olika sammansättningar av luftvärnsförband.

4.5 Studier vid anskaffning av nya luftvärnssystem

Beskrivning:

Vid nyanskaffning av nya luftvärnssystem (RbNy) kan det vara av intresse att värdera hur olika systemalternativ förhåller sig till varandra i dueller med olika storlek och komplexitet. I sådana studier används endast förhållandevis grova måttal för systemet, t.ex. en sensors upptäcktsavstånd för kryssningsrobotar eller en luftvärnsrobots räckvidd.

Konfiguration:

De konfigurationer som används i denna typ av scenario kan variera i komplexitet alltifrån enkla duellscenarier enligt avsnitt 4.1 upp till komplexiteten enligt avsnitt 4.3.

Studiefrågor:

- Enligt avsnitt 4.1 och 4.2.

4.6 Taktikutveckling för IRIS-T SLS

Beskrivning:

Luftvärnet har införskaffat ett nytt korträckviddigt system, IRIS-T SLS (EldE98). En trolig studiefråga är därför hur detta system bör användas taktiskt tillsammans med:

- EldE97, befintligt lång-/medelräckviddigt luftvärnssystem.
- EldENy, lång-/medelräckviddigt luftvärnssystem under anskaffning.

Det är viktigt i denna studieform att enkelt kunna visualisera och förändra/parameterisera det taktiska beteendet.

Konfiguration:

Delar av arbetet genomförs i enkla och väldefinierade scenarier, innehållande hotkomponenter och luftvärnsförbandskomponenter som nämns i avsnitt 4.1–4.3. Det taktiska uppträdandet ska senare kunna provas i scenarier av varierande komplexitetsgrad, det vill säga enligt avsnitt 4.1–4.3.

Studiefrågor:

- Funktioner inom ledningsenheter, t.ex. målval, målprioritering.

Dessa studeras som en funktion av exempelvis följande:

- Hottyp.
- Väderförhållanden.
- Sensorräckvidder.
- Antal sensorer.
- Tidsfördröjningar i kedjan: sensorupptäckt – eldöppnande.

4.7 Taktikutvärdering

Beskrivning:

Detta exempel är enbart en utvidgning av att studera taktik ur ett mer generellt perspektiv och inte specifikt till de vapen eller sensorsystem som nämns i avsnitt 4.6.

Konfiguration:

Enligt avsnitt 4.6.

Studiefrågor:

- Enligt avsnitt 4.6, men här är det även av intresse att kunna variera egenskaper i eldenheten eller vapenheten så som
 - Omladdningstid
 - Räckvidd.

4.8 Penetration av luftvärn

Beskrivning:

Detta exempel är väsentligen detsamma som i tidigare exempel men med den omvända frågeställningen, hur kan egna förband ta sig igenom ett specifikt luftvärn?

Beskrivning, konfiguration och studiefrågor är liknande som i avsnitt 4.1–4.3. I konfigurationen används dock sensorer, verkansystem och ledningsenheter som är specifika för det luftvärn som ska penetreras.

4.9 Demonstrationer

Beskrivning:

Ett område där verktygsstöd är användbart är då FOI genomför demonstrationer av luftvärnsscenarioer, t.ex. i samband med presentationer eller utbildningar.

Karaktistiskt för detta tillämpningsområde är att scenariosimuleringarna presenteras i realtid. Komplexa scenarier kan ha förberetts innan demonstrationstillfället, medan enkla dito ska kunna förberedas direkt i samband med demonstrationen. Det är av stor vikt att det är enkelt att förändra scenarier i samband med demonstrationstillfället. Detta för att snabbt kunna besvara eller visualisera ”what if”-frågeställningar.

Ett alternativ till att genomföra simulering under demonstration är att använda en uppspelningsförmåga i verktyget. Simuleringar som tar lång tid att genomföra kan exekveras på förhand och återges vid demonstrationen men då utan möjlighet att genomföra förändringar.

Demonstrationsscenarioer kan innehålla samtliga eller delar av de konfigurationer som nämnts i avsnitt 4.1 – 4.8.

4.10 Avdömning av spelsituationer

Beskrivning:

Detta tillämpningsområde är likartat demonstrationer enligt föregående avsnitt. Förberedelser av spelscenario kan baseras på att respektive deltagarsida redovisar sin ursprungsgruppering. Scenariot kan potentiellt vara definierat i ett annat verktyg⁵ och behöver då importeras till detta verktyg.

För att bedöma specifika spelsituationer behöver verktyget kunna presentera den sammanfattande luftlägesbilden men den även luftlägesbild som är tillgänglig på respektive deltagarsida.

⁵ Det kommersiella verktyget FLAMES är vanligt förekommande i Försvarmaktens spelverksamhet

5 Användningsfall

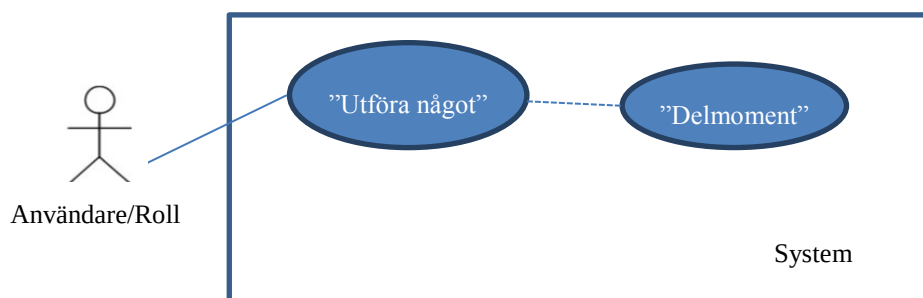
I detta avsnitt redovisas användningsfall för att ge ytterligare förståelse för de funktioner som verktyget ska tillhandahålla. Användningsfallen är relevanta för samtliga tillämpningsområden enligt föregående avsnitt.

5.1 Introduktion

5.1.1 Syfte och terminologi

Ett användningsfall beskriver en specifik uppgift som en användare vill utföra med ett system. En och samma användare kan ha olika roller när denne använder systemet vilket påverkar hur hen interagerar med systemet.

Normalt används användningsfallsdiagram (på engelska ”use case diagrams”) för att åskådliggöra användningsfall och vilka användare som har behov av dessa funktioner. I Figur 3 nedan visas ett enkelt diagram med en användare i en specifik roll som interagerar med ett ”system”. Systemets avgränsning inklusive dess användningsfall och identifiering visas inom rektangeln. I detta exempel är huvudanvändningsfallet ”Utföra något” där delar av det beskrivs i användningsfallet ”Delmoment”. Namnet på användningsfallet, dvs. ”Utföra något” används som identifieringstext.



Figur 3: Exempel på användningsfallsdiagram

Användningsfallets detaljer beskrivs sedan med text i rubrikform:

- Syfte: Det användaren vill uppnå.
- Genomförande: Sekventiell beskrivning av hur användaren interagerar med systemet för att uppnå sitt syfte. Implicerar en kronologisk sekvens.

I vissa fall kan två användningsfall bli snarlika där de enbart skiljer sig på detaljnivå i genomförandebeskrivningen. I sådana fall är det av praktiska skäl lämpligt att sammanfoga det till ett användningsfall, och istället markera att det finns ett alternativt genomförande.

5.1.2 Tillämpning av användningsfall i denna rapport

Som ”System” (enligt föregående avsnitt) avses här enbart det scenarioverktyg som är föremål för denna rapport. Det benämns härnäst ”Verktyget”. Samtliga användningsfall tillhör Verktyget, därför används ingen systemgräns eller systemidentifikation i användningsfallsdiagrammen. För att tydliggöra det användningsfall som är i fokus i ett specifikt diagram, markeras det med orange bakgrund. I diagrammen har storleken på användningsfallen ingen signifikant betydelse, de är enbart anpassade för att rymma användningsfallets identifieringstext.

Samtliga användningsfall kommer att beskrivas enligt följande mall:

Syfte:

Beskrivning av vad användaren vill uppnå. Formuleras på jag-form enligt ”Som [Användare/Roll] vill jag...”.

Genomförande:

Beskrivning av hur användaren går till väga steg för steg för att uppnå sitt syfte. Formuleras på jag-form.

Alternativt genomförande:

Alternativa åtgärder för att uppnå en variant av det avsedda syftet.

5.1.3 Användare och roller

De som kommer att använda verktyget är i huvudsakligen FOI-personal med roller och syften enligt nedan:

- Genomföra studie.
- Genomföra demonstration.
- Agera domare.

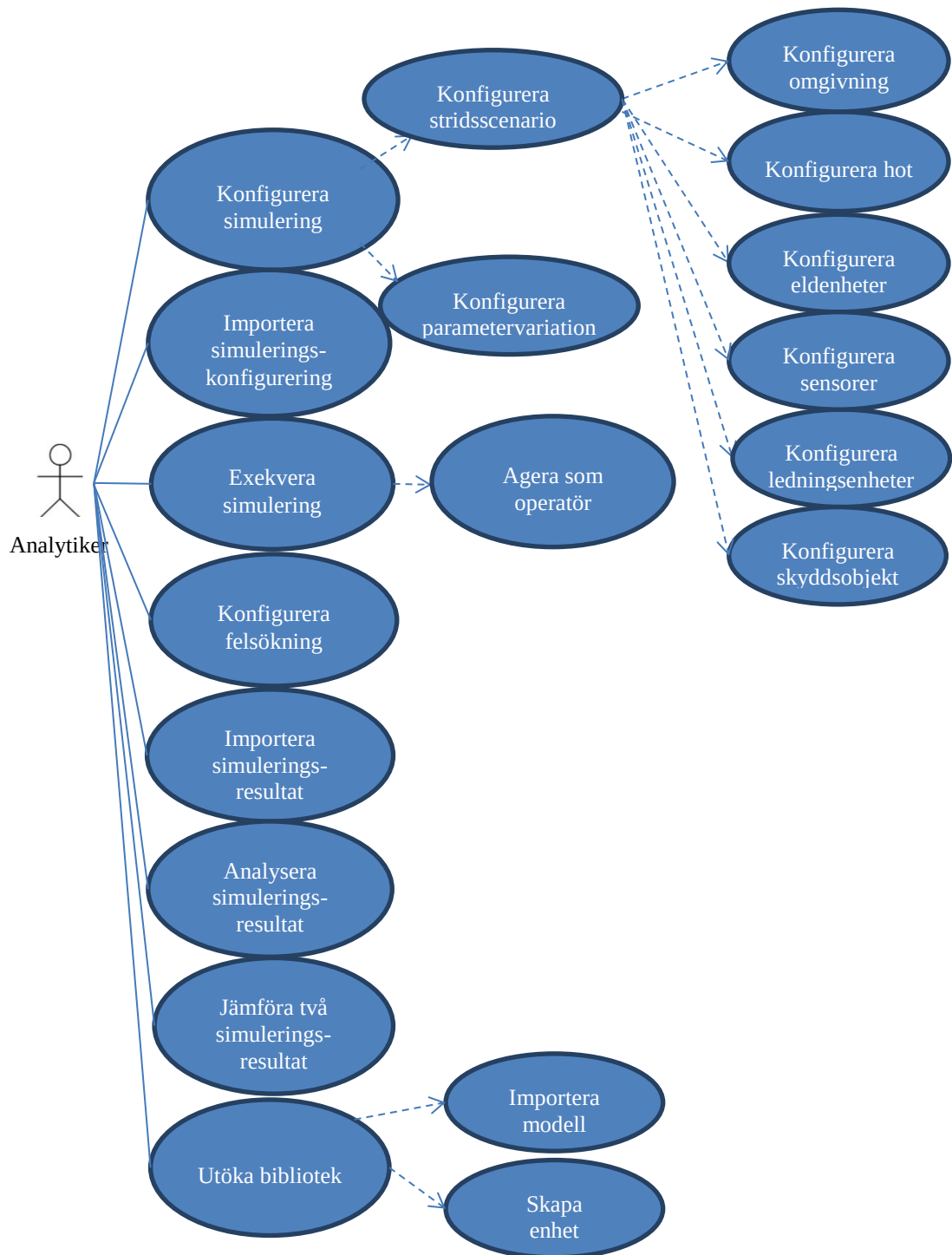
Med enstaka undantag har de väsentligen samma typ av behov, dvs. i deras olika roller använder de samma användningsfall. Undantagen gäller den grad av detaljinformation som behöver vara tillgänglig för vissa roller. En modellutvecklare har behov av att se flera parametrar, medan en användare som genomför en demonstration närmast blir besvårad av för mycket information.

I användningsfallen kommer dessa skillnader inte att åskådliggöras och därför kommer samtliga dessa användare/roller att refereras till som: ”Analytiker⁶”.

⁶ Inte att förväxlas med FOI-titeln ”Analytiker”

5.2 Översikt

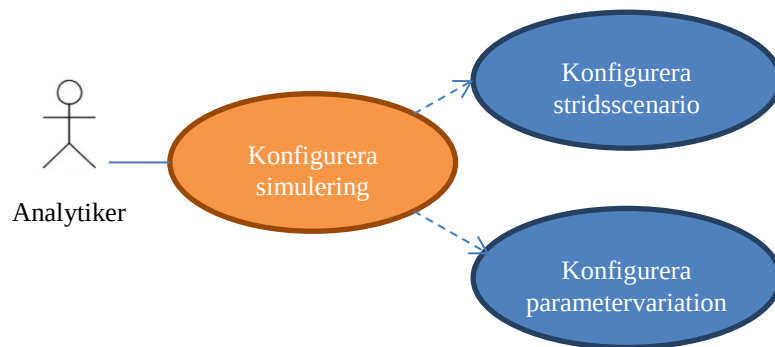
En översikt över de användningsfall som finns med visas i Figur 4.



Figur 4 Översikt användningsfall

5.3 Konfigurera simulering

Syfte: Som analytiker vill jag konfigurera en simulering (stridsscenario och parametervariation) för att kunna exekvera den och analysera resultat.



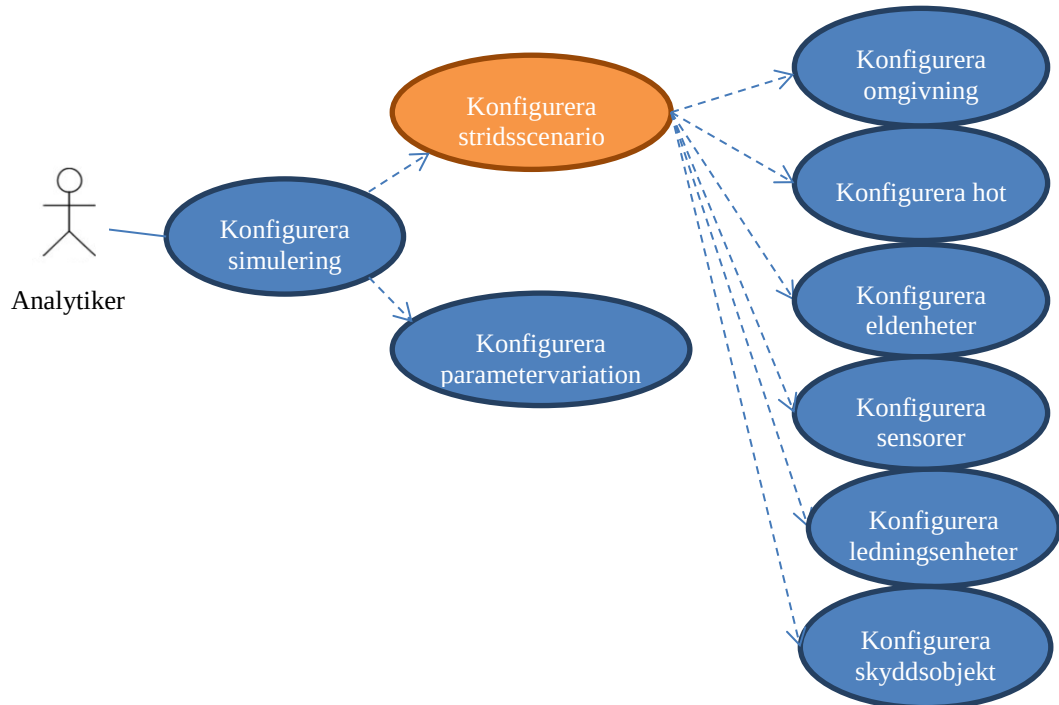
Figur 5: Konfigurera simulering

Genomförande:

1. Jag konfigurerar ett stridsscenario med modeller av omgivning, hot och Lv-förband; <<Konfigurera stridsscenario >>
2. Jag konfigurerar (eventuellt) parametervariation; <<Konfigurera parametervariation >>
3. Jag sparar simuleringskonfigurering på fil, så att den kan versions-hanteras, distribueras, importeras senare (se <<Importera simuleringskonfigurering>>) etc.

5.3.1 Konfigurera stridsscenario

Syfte: Som analytiker vill jag konfigurera ett stridsscenario så att relevanta effekter kommer med i simuleringen. När jag är klar kan simulering (med eller utan parametervariation) exekveras.



Figur 6: Konfigurera stridsscenario

Genomförande:

1. Jag konfigurerar omgivningsmodeller (terräng, väder etc.); << Konfigurera omgivning>>
2. Jag konfigurerar hot; <<Konfigurera hot >>
3. Jag konfigurerar Lv-förbandets eldenheter; << Konfigurera eldenhet>>
4. Jag konfigurerar Lv-förbandets sensorer; <<Konfigurera sensor >>
5. Jag konfigurerar Lv-förbandets ledning; <<Konfigurera ledningsenhet >>
6. Jag konfigurerar skyddsobjekt; <<Konfigurera skyddsobjekt>>.

5.3.1.1 Konfigurera omgivning

Syfte: Som analytiker vill jag konfigurera viktiga egenskaper i den simulerade omgivande miljön. Detta för att:

- Simuleringen skall genomföras med relevanta omgivningsmodeller för aktuellt studieändamål.
- Få en uppfattning om hur omgivningen påverkar scenariot (t.ex. med stöd av att <<Konfigurera parametervariation >> och <<Analysera simuleringsresultat >>, eller <<Jämföra två simuleringsresultat>>).
- I felsökningssyfte förenkla omgivningen i så hög grad som möjligt.

Genomförande:

1. Jag väljer om scenariot skall utspelas på rund eller platt jord. Detta eftersom jordkrökning påverkar sensorers räckvidd och robotars prestanda.
2. Jag väljer hur terrängen skall modelleras
 1. Jag väljer mellan slät terräng eller terräng med höjdvariationer (berg, dalar) beroende på vilka effekter jag vill ha med i simuleringen. Höjdvariationer ger siktlinjes-begränsningar vilket påverkar sensorer och Lv-system där vapnet kräver stöttning med fri sikt till målet från marken.
 2. Jag anger vilken eller vilka terrängbeklädnader som skall modelleras för terrängen. Detta eftersom terrängbeklädnad påverkar vissa sensorers funktion. Jag väljer mellan att
 1. använda varierande terrängbeklädnad (utifrån någon befintlig/förberedd terrängdatabas)
 2. ange någon konstant global terrängbeklädnad (med fördelen att denna kan parametervarieras, se <<Konfigurera parametervariation >>)
3. Jag väljer väderlek, därför att denna påverkar sensorers funktion och prestanda. Väderleken kan anges som en skalär (med fördelen att den kan parametervarieras). Värdet påverkar omgivningens elektro-optiska transmissionsegenskaper vid olika våglängder. Jag kan också placera ut molntäcken.
4. Jag väljer globala bakgrundsstörningsnivåer som t.ex. påverkar olika frekvensband (kan parametervarieras), som påverkar radarsensorers funktion.

5.3.1.2 Konfigurera hot

Syfte: Som analytiker vill jag lägga till ett hot i scenariot

Genomförande:

1. Jag väljer en hotenhet ur ett bibliotek
2. Jag ställer in initialtillstånd för flygning (startposition, hastighet, starttidpunkt)
3. Jag anger hur hotenheten skall flyga genom att konfigurera en brytpunktsbana
4. Jag ställer in hotets anfallsmål (ofta detsamma som något av Lv-förbandets skyddsobjekt). Hotets anfallsmål kan vara Lv-förbandet i sig (DEAD).
5. Vapenfällning (i fall där hotenheten är vapenfällande, t.ex. ett attackflygplan): Jag anger tid/plats för vapenfällning i brytpunktsbanan (tidpunkten kan parametervarieras)
6. För vapen: Jag kan konfigurera upprepat avfyran – ”mängdattack” – och ange frekvens mellan avfyrningar. Detta gäller både vapen avfyrate från marken (t.ex. kryssningsrobotar) eller fällde av flygplan (t.ex. bomber).
7. Odödlighet – jag kan ange att hotet aldrig ”dör” utan fortsätter flyga i sin bana oavsett om det träffas. På så sätt kan jag till exempel få en översikt över vilken del av den obrutna hotflygbanan som ligger inom luftvärnets verkansräckvidd.
8. Jag kan ställa in en undanmanöversreaktion för hotenheter som stöder detta. Hotenheten påbörjar då en undanmanöver då Lv-vapen avfyras, eller då Lv-vapen låst på hotet. (För modeller av kvalificerade hot kan sådan funktionalitet ingå som automatiskt beteende.)

Alternativt genomförande:

- 1B. Istället för att välja hotenhet ur ett bibliotek kan jag välja att *konfigurera om* en hotenhet som redan ingår i stridsscenarioet.
- 2B. Brytpunktsbana kan endast konfigureras för vissa fall, t.ex. vissa modeller av flygplan eller kryssningsrobot. För andra modeller är flygbanan helt ”egen-simulerad”, t.ex. flygplan som är ”kvalificerade hot”, glidbomber eller ballistiska robotar. I sådana fall konfigureras ingen brytpunktsbana.
- 4B. Inget anfallsmål behöver väljas om ”hotet” utgörs av transportflygplan eller liknande.
- 5B. Vissa vapenfällande hotenheter konfigureras inte med brytpunktsbana, utan agerar mer självständigt (”kvalificerat hot”). I dessa fall kan vapenfällning inte konfigureras på detta sätt. I stället antas att hotenheten själv tar beslut om vapenfällning under simuleringens gång.

5.3.1.3 Konfigurera eldenhet

Syfte: Som analytiker vill jag infoga Lv-förbandets eldenheter i stridsscenariot. Jag vill också konfigurera dessa med relevanta egenskaper för simuleringen.

Genomförande:

1. Jag väljer en eldenhet av en viss typ ur ett bibliotek.
2. Jag tillser att den placeras/grupperas på lämplig position i scenariot.
3. Jag anger också initial eldriktning (eftersom det har betydelse t.ex. för system där vapnet inte är vertikalstartande).
4. Verket visar grupperingsplats och eldriktning i scenariovy-2D och scenariovy-3D.
5. Jag kan välja att se frisiktsdiagram utgående från grupperingsplatsen i scenariovy-2D och scenariovy-3D.
6. Jag kan konfigurera begränsningar så som antal robotar, omladdningstider, och fördröjning mellan skott.

Notera: I eldenhetsmodellen finns intelligens/beslutsmodell som gör att Lv-vapnet i simuleringen automatiskt avfyras vid lämplig tidpunkt (t.ex. då målet är inom räckhåll).

Alternativt genomförande:

- 1B. Istället för att välja eldenhet ur ett bibliotek kan jag välja att *konfigurera om* en eldenhet som redan ingår i stridsscenariot.
- 6B. Jag kan välja att *inte ha med* begränsningar så som antal robotar, omladdningstider, och fördröjning mellan skott, och istället ange en frekvens med vilket vapnet skall fyras av (godtyckligt många gånger). Detta är användbart i en-mot-en-scenarier där hotet konfigurerats att vara ”odödligt” (se <<Konfigurera hot >>), t.ex. för att utvärdera vilka delar av en hotflygbana som kan bekämpas.

5.3.1.4 Konfigurera sensor

Syfte: Som analytiker vill jag få med relevanta begränsningar gällande sensorupptäckt, målinmätning och dylikt i simuleringen.

Notera: Jag kan alternativt ange (om detta inte är standard/default) att ledningsenheters luftlägesbild i scenariot skall vara perfekt/ideal (se <<Konfigurera ledningsenhet >>). Inga sensormodeller behöver då användas.

Genomförande:

1. Jag väljer en sensor ur ett bibliotek, tillser att den placeras/grupperas någonstans och är riktad i någon riktning. Sensorer kan utgöras av:
 - a. Spaningsradar
 - b. "Flygande radar" (programmeras/konfigureras med brytpunktsbana, ungefär som hotflygplan)
 - c. EO-spanare, kanske i kombination med laseravståndsmätare
 - d. SIS
2. Verket visar grupperingsplats i scenariovy-2D och scenariovy-3D.
3. Jag kan välja att se frisiktsdiagram utgående från grupperingsplatsen i scenariovy-2D och scenariovy-3D.
4. För vissa sensorer kan jag även se ungefärligt "räckviddsdiagram" i scenariovy-2D och scenariovy-3D.
5. För vissa sensorer kan jag konfigurera "tid som åtgår från första detektion till målinmätning". (Kan parametervarieras.)

Alternativt genomförande:

- 1B. Istället för att välja sensor ur ett bibliotek kan jag välja att *konfigurera om* en sensor som redan ingår i stridsscenariot.

5.3.1.5 Konfigurera ledningsenhet

Syfte: Som analytiker vill jag få med ledningsfunktionalitet så som sensorfusion, hotutvärdering, målprioritering och målfördelning i simuleringen.

Genomförande:

1. Jag väljer en ledningsenhet ur ett bibliotek, och tillser att den kommer med i scenariot, så att den placeras ut på kartan i scenariovy-2D.
2. Jag anger skyddsobjekt, dvs. det eller de objekt som luftvärnet avser att försvara.
3. Jag kopplar utplacerade sensorer och eldenheter till ledningsenheten. I scenariovy-2D markeras kopplingarna med streck eller dylikt.
4. För varje koppling kan jag ange en skalär som representerar hur lång fördröjning som skall modelleras för överföring av måldata från sensor till ledning, samt överföring av order och måldata från ledning till eldenhet
5. För vissa ledningsenheter kan jag konfigurera intern fördröjning (för att modellera att hotutvärdering, målfördelning o.s.v. tar en viss tid.) Kan parametervarieras.

Alternativt genomförande:

- 1B. Istället för att välja ledningsenhet ur ett bibliotek kan jag välja att *konfigurera om* en ledningsenhet som redan ingår i stridsscenariot.
- 3B. Jag kan alternativt ange (om detta inte är standard/default) att ledningsenheters luftlägesbild i scenariot skall vara perfekt/ideal, eller att eldenheter hela tiden antas ha perfekt invisning till målet. Inga sensormodeller behöver då användas.

5.3.1.6 Konfigurera skyddsobjekt

Syfte: Som analytiker vill jag få med skyddsobjekt i simuleringen, för att ge hotenheterna ett mål, och ett objekt för luftvärnsenheterna att skydda.

Genomförande:

1. Jag väljer ett skyddsobjekt ur ett bibliotek, och tillser att den kommer med i scenariot, så att den placeras ut på kartan i scenariovy-2D.
2. Jag ställer in utbredning på skyddsobjektet, för att forma det område som skyddsobjektet befinner sig på.
3. Jag anger en hårdhetsmodell för skyddsobjektet från modellbiblioteket.

Alternativt genomförande:

- 3B. Istället för att ange en hårdhetsmodell kan man välja att inte ange någon modell alls. Detta har effekten att skyddsobjektet inte går att bekämpa.

5.3.2 Konfigurera parametervariation

Syfte: Som analytiker vill jag i vissa studier analysera hur olika parametrar kan samverka. I en sådan studie vill jag därför automatiskt kunna variera en eller flera parameterar, dvs. genomföra flera simuleringar med olika värden på ett antal parametrar.

Genomförande:

1. Jag väljer vilka parametrar som skall varieras. Det gör jag genom att välja parametrar ur en listningsfunktion som visar de parametrar som är möjliga att variera, t.ex.
 - en luftvärnsrobots hastighet (maximal hastighet eller hastighetsprofil)
 - pKill
 - ett hotförbands anflygningshöjd
 - vädereffekter, t.ex. disighetsfaktor.
2. För varje sådan parameter väljer jag även hur parametern skall varieras:
 - Enligt Monte Carlo-princip, dvs. en stokastisk spridning med en specifik fördelning kring ett nominellt parametervärde.
 - Enligt intervallprincip. Parametern varieras inom ett intervall med ett konstant inkrement.

Alternativt genomförande:

- 2B. Istället för att variera parametrar oberoende av varandra kan man begränsa parametervariationen genom att ange kombinationer av mindre parameterintervall.

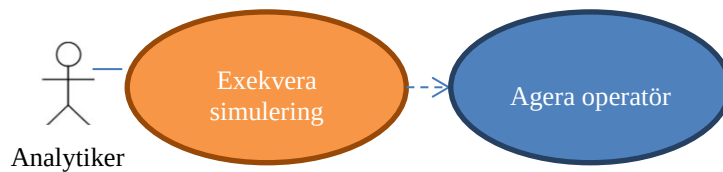
5.4 Importera simuleringskonfigurering

Syfte: Som analytiker vill jag kunna importera ("ladda in") en redan färdigkonfigurerad simulering för att kunna exekvera den (se <<Exekvera simulering>>), eventuellt efter att ha gjort vissa justeringar/omkonfigureringar (se <<Konfigurera simulering>>), och analysera resultat (se <<Analysera simuleringsresultat>>)

Genomförande:

1. Jag väljer en färdig simuleringskonfigurering ur ett bibliotek, eller sparad på fil.
2. Verktöget läser in simuleringskonfigureringen och visar den i de olika vyerna.

5.5 Exekvera simulering



Figur 7 Exekvera simulering

Syfte: Som analytiker vill jag genomföra en simulering av ett konfigurerat stridsscenario. När exekveringen är genomförd har jag ett underlag för att kunna analysera simuleringen (se <<Analysera simuleringsresultat>>).

Genomförande:

1. Jag tillser att simuleringen startar.
2. Verktöget visar vad som händer i simuleringen under förloppet. Exempel:
 - Banor för alla rörliga enheter.
 - En sensor har mätt in ett hot/mål.
 - En eldenhet har blivit tilldelad ett hot/mål.
 - Robot är på väg mot ett hot/mål.
 - Luftlägesbild för enskild ledningsenhet.
3. Jag kan när som helst (även innan simuleringen startar) välja
 - simuleringshastighet
 - en tidpunkt då simuleringen automatiskt ska pausas.
4. Jag kan när som helst pausa simuleringen och manuellt utföra vissa delar av ledningsfunktioner (man-in-the-loop), så som t.ex. hotutvärdering, målprioritering, och målfördelning.
5. Verktöget sparar efter genomförd simulering resultaten på ett sätt som gör att de kan distribueras och importeras i verktöget vid senare tillfälle (se <<Importera simuleringsresultat>>).
6. Verktöget ger mig omedelbart efter genomförd simulering möjlighet att <<Analysera simuleringsresultat>> (utan att dessförinnan behöva <<Importera simuleringsresultat>>).

5.5.1 Agera som operatör

Syfte: Som analytiker vill jag ta kontroll över en enhet och agera som enhetens operatör. När jag gör detta så avaktiveras enhetens ledningsmodell och jag får själv besluta vad enheten ska utföra.

Genomförande:

1. Jag väljer i scenariovyn en enhet att kontrollera.
2. Ett operatörsgränssnitt presenteras där nödvändig information visas, så som sensorunderrättelser och spårade mål.
3. Jag har möjlighet att utföra de handlingar som enhetens modeller tillåter ledningsmodellerna att utföra, t.ex. att styra ett hotflygplan eller att avfira luftvärnsrobotar mot pålåsta hot. Mina val loggas på samma sätt som övriga delar av simuleringen så att återuppspelning kan ske korrekt, se <<Importera simuleringsresultat>>.

5.6 Konfigurera felsökning

Syfte: Som analytiker vill jag ha möjlighet att felsöka ett scenario, eller en enskild modell som ingår i ett scenario. Därför aktiverar jag funktioner i verktyget som gör att mer utförliga data skrivs ut under scenariots exekvering, förenklar förutsättningarna i simuleringen för att isolera modellens påverkan, alternativt får mer information presenterad för mig.

Genomförande:

1. Jag ställer in ett scenario att exekvera, eller öppnar ett tidigare skapat simuleringsscenario, se <<Konfigurera stridsscenario >>, <<Importera simuleringskonfigurering >>.
2. Jag ställer in de felsökningsverktyg som jag vill använda under simuleringens gång. Exempel:
 - Forcera idealiserade fördröjningar i ledningsstrukturer.
 - Forcera en idealiserad luftlägesbild i alla Lv-enheter.
 - Öppna en vy över luftlägesbilden i en specifik ledningsenhet.
 - Ta bort alla terrängeffekter.
 - Presentera händelsediagram som visar hur olika enheter agerar då scenariot exekveras.
3. Jag exekverar scenariot (<<Exekvera simulering>>) och observerar den information som felsökningsverktygen ger mig.

5.7 Importera simuleringsresultat

Syfte: Som analytiker vill jag kunna analysera resultat från en tidigare genomförd simulering. Därför importerar jag resultat från en tidigare genomförd simulering till verktyget. Jag vill också kunna se den konfiguration som legat till grund för simuleringsresultaten. Jag vill eventuellt justera denna (se <<Konfigurera simulering>>), därefter exekvera simuleringen igen (se <<Exekvera simulering>>) och slutligen se vad justeringen haft för effekt (se <<Jämföra två simuleringsresultat>>).

Genomförande:

Jag öppnar ett simuleringsresultat från fil. Scenariot som använts i simuleringen visas i scenariovyn, och resultaten kan visas i analysverktygen.

5.8 Analysera simuleringsresultat

Syfte: Som analytiker vill jag kunna visualisera resultatet av simuleringarna ur olika vyer, för att enkelt kunna analysera scenariot.

Genomförande:

Jag kan se:

1. Gantt-diagramliknande tidsscheman över viktiga händelser och tillstånd, t.ex. spaningssensor på/av, målupptäckt spaningssensor, målinmätning spaningssensor, måltilldelning till eldenhet, beslut om avfyran av Lv-vapen, avfyran av Lv-vapen, målsökarpålysningar, träffar, förlust av målsökarlåsning, missat/avbrutet skott o.s.v.
2. Uppspelning av simulering i scenariovy-2D och scenariovy-3D. Detta kan ske både under simuleringens gång eller i efterhand. Olika typer av status för de olika ”enheterna” i scenariot visualiseras. Exempel:
 1. Sensorer: position, på/av
 2. Eldenheter: position och antal vapen i magasin
 3. Lv-vapen i luften: position (ev. flygbana), målsökarstatus (kan i flygbana indikeras med olika banfärg), indikation av vilken hotenhet som attackeras
 4. Hotplattformar: position (ev. flygbana)
 5. Ledningsenhet – begränsad luftlägesbild – få en uppfattning om vad en ledningsenhet har för uppfattning om luftläget – vilka hot kan den se, hur prioriteras dessa, hur noggrant är de inmätta
3. Statistik över antal nedskjutna hot, och antal träffar mot skyddsobjektet
4. FlygbaneploTT: Alla flygbanor som uppstått i simuleringen, både för hot och försvarande sida, kan ritas ut i scenariovy-2D och scenariovy-3D. (Gäller även vid mängdsimulering.)
5. Om parametervariation genomfördes kan jag i en plot- eller tabellfunktion välja att se hur en eller två varierade parametrar påverkar en observabel. Exempel: Om en luftvärnsrobots hastighet och räckvidd varierar kan jag välja att plotta dessa mot antalet bombfällningar som hotförbandet lyckades utföra.

5.9 Jämföra två simuleringsresultat

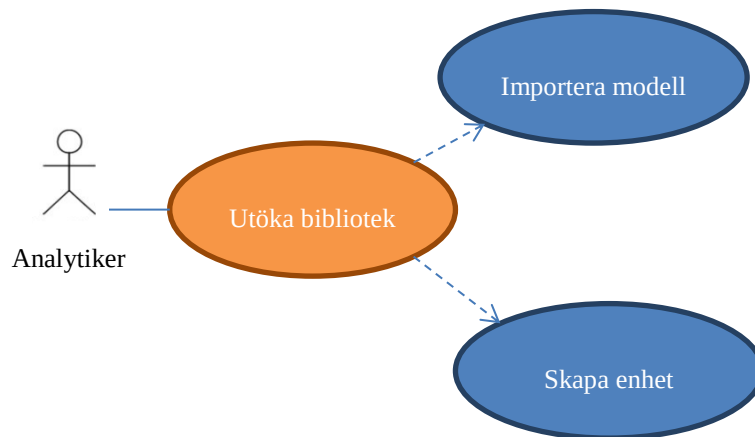
Syfte: Som analytiker vill jag studera simuleringsresultat från två separata simuleringar på ett sätt som gör att det är enkelt att jämföra dem. På detta sätt kan jag, då jag studerar simuleringsresultat från en enskild simulering göra en viss justering av simuleringskonfigureringen, exekvera simuleringen, och se vad justeringen hade för effekter.

Genomförande:

1. Jag importerar två sparade simuleringsresultat och verktyget ger simuleringarna en färgkod som unikt identifierar respektive resultat.
2. Jag startar uppspelningen av dessa. Nu kan jag i scenarionyerna se båda resultaten överlagrade på varandra.
3. Jag kan när som helst justera transparensen så att uppspelningen av den ena simuleringen framhävs mer än den andra.
4. Jag kan också välja att pausa uppspelningen eller justera tiden framåt eller bakåt för mer detaljerat studera och jämföra intressanta förlopp i simuleringen.

5.10 Utöka bibliotek

Syfte: Som analytiker vill jag underlätta stridsscenariokonfigurering och användandet av nyutvecklade modeller. Därför förbereder jag detta genom att utöka verktygets bibliotek med förmågemodeller, enhetsmodeller och enheter.



Figur 8: Utöka bibliotek

Genomförande:

För att utöka biblioteket använder jag användningsfallen <<Importera modell>> eller <<Skapa enhet>>. Dessa kan användas i sekvens eller enskilt, beroende på syfte. T.ex. kan jag först importera en modell som jag sedan använder när jag skapar en enhet. Alternativt kan jag utgå från en befintlig enhet i biblioteket, göra modifieringar och därefter spara den som en ny enhet i biblioteket.

5.10.1 Importera modell

Syfte: Som analytiker vill jag utöka verktygets bibliotek med enhetsmodeller och förmågemodeller.

Genomförande:

Jag väljer en nyutvecklad modell och importerar denna till modellbiblioteket. Jag anger ett namn för den nya modellen i biblioteket.

5.10.2 Skapa enhet

Syfte: Som analytiker vill jag lägga till en enhet i verktygets bibliotek. Den vill jag senare kunna använda i ett stridsscenario. Enheter skapas utifrån förutsättningar i enhetsmodellen då denna ger de parametrar som kan förändras samt de förmågor till vilka man kan specificera förmågemodeller.

Obs: Detta användningsfall är exemplifierat av att skapa en ny vapenenhet utifrån en generisk enhetsmodell för luftvärnsrobotar. De ingående delförmågemodellerna kan antas vara Typ-II modeller, se definition i kapitel 2. Det finns flera alternativ till att skapa enheter, t.ex. genom att förändra en redan befintlig enhet.

Genomförande:

1. Jag använder en guide för skapandet av enheter för luftvärnsrobotar.
2. I guiden väljer jag vapnets delförmågor:
 1. Målsökare: IR, aktiv radar, semiaktiv radar.
 2. Styrslag t.ex. PN-styrning.
 3. Länkfunktion.
3. Jag ansätter lämpliga parametervärden, till exempel:
 1. Robotens maximala räckvidd.
 2. Robotens medelhastighet.
 3. Målsökarens upptäcktsavstånd.
 4. Målsökarens synfält.
 5. Styrparametrar.
4. Jag sparar enheten i biblioteket.

6 Detaljerade funktionsbeskrivningar

Följande kapitel innehåller beskrivningar av funktionsområden som diskuterats tidigare i rapporten. Ambitionen är att beskriva dessa områden med en detaljeringsgrad som närmar sig en realiseringsbeskrivning av funktionsområdena.

Inledningsvis ges en kort introduktion till den beskrivningsmetodik som tillämpas i detta kapitel. Därefter följer en översikt av de områden för vilka detaljer kommer att tillföras. De områdena återkommer senare rubricerade i detta avsnitt.

6.1 Introduktion

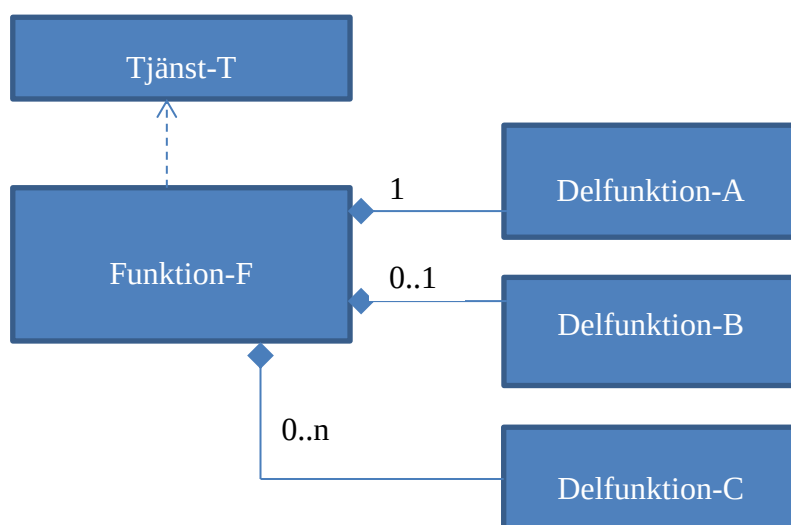
Som stöd för att förstå vilka funktionsområden som finns och deras komposition används klassdiagramslänkande⁷ figurer. I dessa figurer representeras funktionsområden, delfunktioner eller delmodeller av rektanglar (motsvarande klasser i ett klassdiagram). Funktioner kan i sin tur bestå av andra funktioner. Sådan komposition representeras i figurerna av heldragna linjer med en romb. Denna romb indikerar den hierarkiska ordningen, dvs. ”vem består av vad”. I anslutningen till denna romb anges även en multiplicitetsfaktor som anger ”hur många” instanser av en funktion som utgör kompositionen.

Streckade linjer i diagrammen visar en relation mellan en funktion och någon annan egenskap. De kan t.ex. visa att man använder någon tjänst eller att någonting lagras i en databas.

I Figur 9 visas ett exempel där Funktion-F är uppbyggd av:

- Delfunktion-A. Multiplicitetsfaktorn ”1” visar här att det är exakt en instans av Delfunktion-A som ingår i Funktion-F.
- Delfunktion-B. Multiplicitetsfaktorn ”0..1” visar här att Funktion-F består av en eller ingen instans av Delfunktion-B.
- Delfunktion-C: Funktion-F består av ”0..n”, dvs. ingen eller maximalt n st., instanser av Delfunktion-C.

Vidare visas att Funktion-F använder och därmed har en relation till Tjänsten-T.



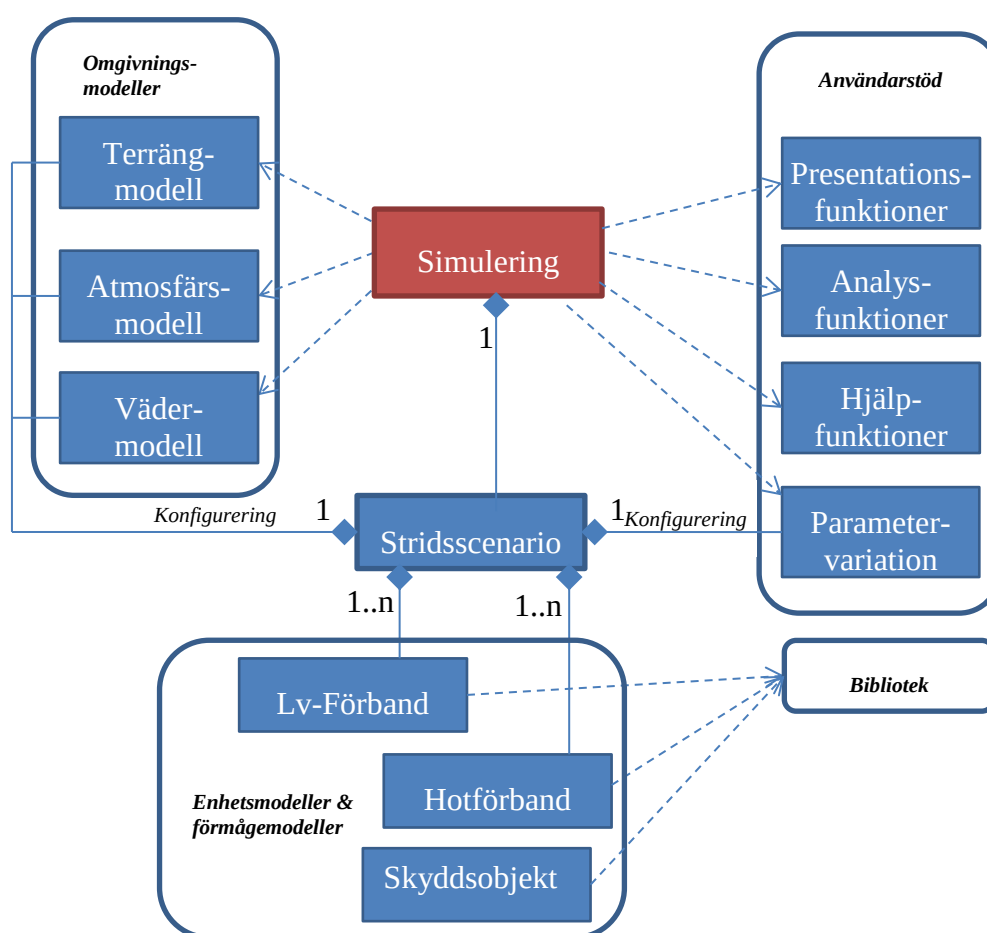
Figur 9: Exempel på kompositionsdiagram

⁷ Klassdiagram används vid programvaruutveckling för att åskådliggöra strukturer i programsystemet.

En konkretisering av exemplet skulle kunna innebära att Funktion-F är en eldenhet, vilken består av en eldledningsradar (Delfunktion-A). Som option har eldenheten en möjlighet att även bestå av en IR-spaningsfunktion (Delfunktion-B). Eldenheten har en lavett med upp till 8 vapen (Delfunktion-C, $n=8$). Eldenheten använder en väder-tjänst (Tjänst-T) för att beräkna hur väl dess IR-spaningsfunktion kan upptäcka hot.

6.2 Översikt

Verktygets centrala funktion är att genomföra en simulering av ett stridsscenario. Det innebär att i varje simulerat tidssteg beräkna tillståndet för de i stridsscenariot ingående enheterna och hur dessa påverkar varandra. För att enheterna ska kunna interagera med omvärlden krävs att simuleringen också innehåller omgivningsmodeller. Verktögsanvändaren måste även ha tillgång till stödfunktioner för att kunna förbereda ett stridsscenario samt analysera eller påverka simuleringsförloppet. I Figur 10 nedan visas en övergripande bild av verktygets beståndsdelar.



Figur 10: En simulering av ett stridsscenario, med användning av omgivningsmodeller, kan konfigureras i verktyget med hjälp av dess användarstöd. Modeller och enheter finns i ett bibliotek.

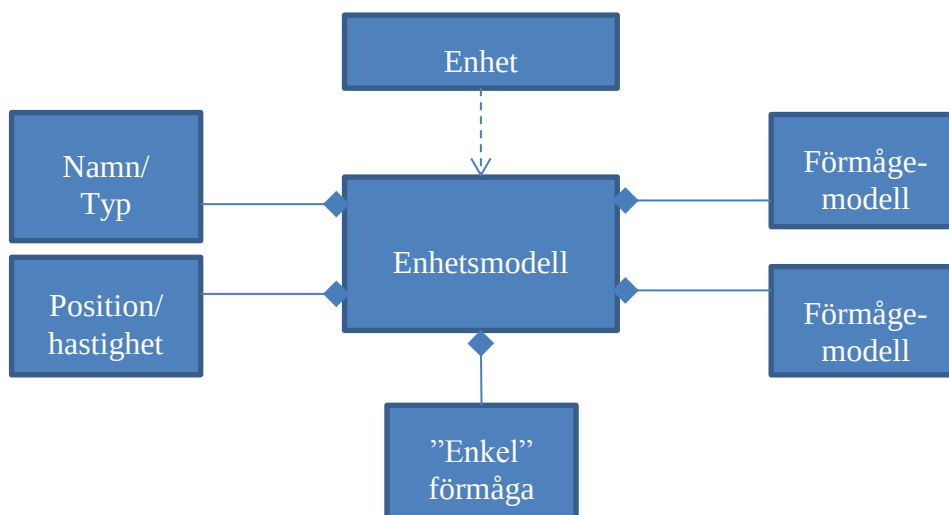
Stridsscenariot innehåller en förteckning av de ingående enheterna samt deras konfiguration. Vidare ingår konfiguration av omgivningsmodeller och parametervariation.

Tidigare i rapporten har begreppet enheter diskuterats och att dessa har en fysisk motsvarighet t.ex. eldenheter eller hotflygplan. Enheter beskrivs under en simulering av en

enhetsmodell, vilken kan inkludera förmågemodeller för att simulera specifika funktioner i enheten.

Detta avsnitt innehåller bl.a. detaljer om enhetsmodeller och förmågemodeller. Därför görs här en kort beskrivning av deras relation.

Enhetsmodellen ger den aggregerade funktionen för enheten, där en del generella fysiska egenskaper så som enhetens position och hastighet ingår. Vidare kan den innehålla enklare förmågeegenskaper som t.ex. omladdningstiden för en eldenhet. Vid behov använder den förmågemodeller som beskriver enhetens mer komplexa delförmågor.



Figur 11: Enhet, enhetsmodell, förmågemodell

Förmågemodeller sorteras in i två graderingsklasser, Typ-I respektive Typ-II. Typ-I modeller är de modeller som med störst detaljeringsgrad avbildar ett fysiskt system. Typ-II modeller är mer lättviktiga och beskriver ett system med en lägre detaljeringsgrad, företrädesvis via konceptuella parametrar.

Resten av detta kapitel delas in i följande funktionsområden:

- Enhetsmodeller:
 - Lv-Förband.
 - Hotförband.
 - Skyddsobjekt.
- Modeller:
 - Omgivningsmodeller.
 - Förmågemodell.
- Användarstöd:
 - Analysfunktioner.
 - Presentationsfunktioner.
- Bibliotek:
 - Enheter.
 - Modeller.

6.3 Enhetsmodeller

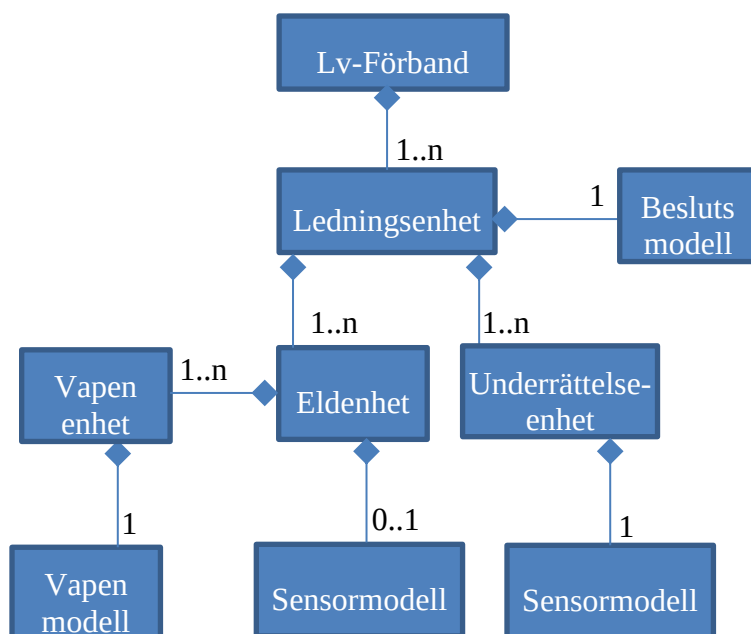
I detta avsnitt diskuteras de enhetsmodeller som tillhör enheter inom Lv-förband och hotförband, samt skyddsobjekt.

6.3.1 Lv-Förband

Lv-förbandet består av enheterna:

- Eldenhet
- Vapenenhet
- Underrättelseenhet
- Ledningsenhet

Var och en av dessa enheter kopplar modeller för beskrivning av några av deras individuella delförmågor.



Figur 12: Lv-Förbandets komposition

6.3.1.1 Eldenhet

En eldenhet är den enhet i Lv-förbandet som har möjlighet att bekämpa ett hot. Eldenheten kommunicerar med en ledningsenhet, därifrån får den order om målföljning eller bekämpning. Den kan även avrapportera detekterade mål, tillgänglighet etc. En eldenhet har följande beståndsdelar och egenskaper.

- Ett antal vapenenheter (bestäms av dess magasinstorlek).
- Ett magasin:
 - Storlek, maximala antalet vapeninstanser
 - Aktuell fyllnadsgrad
 - Tid för att genomföra omladdning
 - Antal tillgängliga vapen för omladdning
- Pålåsningstid, tid till låsning av mål efter invisning.
- Flermålsförmåga, hur många samtidiga mål som kan bekämpas.
- Avfyrningsfördröjning, tid från order om eldöppnande tills dess att avfyrning sker.
- Eventuellt en eldledningssensor vilken definieras av en sensormodell.
- Insvängningsförmåga, vilken rotationshastighet lavetten kan uppnå, och vilken maximal utvridning lavetten har.

Under simuleringen är eldenheten underordnad ledningsenheten. Men användaren har möjlighet att ta kontroll över scenariot genom att manuellt invisa och avfyra vapen från eldenheten.

6.3.1.2 Vapenenhet

Vapenenheter används av eldenheten för att bekämpa ett hot.

- Vapnets egenskaper definieras av en vapenmodell (luftvärnsrobot, eldrörsluftvärn)

6.3.1.3 Underrättelseenhet

En underrättelseenhet är den enhet i Lv-förbandet som producerar underrättelseinformation. Den kommunicerar med en ledningsenhet till vilken den rapporterar upptäckta mål. Ledningsenheten ger order om att utföra en sensoruppgift, t.ex. att spana i en viss sektor eller att vara passiv.

Underrättelsesensorn har följande uppgifter och egenskaper.

- Ett sensorsystem vilket definieras av en sensormodell.
 - Typ: Radar, EO, SIS
 - Detekteringsförmåga: 1D, 2D, 3D
 - Målföljning
- Söka i en volym eller sektor:
 - Elevation
 - Azimut
 - Tid
- Rapportera upptäckta mål till ledningsenheten.
- Verkställa sensoruppgifter: ”passiv”, ”sök-kontinuerligt i bäring/område/volym”.

Användaren har under simuleringen möjlighet att välja att presentera en sensors lägesbild.

6.3.1.4 Ledningsenhet

En ledningsenhet är den enhet i Lv-förbandet som aggregerar information från sensorer, eldenheter och andra ledningsenheter. Den innehåller bl.a. en taktisk funktion som beslutar om att genomföra bekämpningsinsats av mål. För övrigt har ledningsenheten följande uppgifter och egenskaper:

- Upprätta luftlägesbild. Datafusion av tillgänglig information från anslutna sensorer och andra ledningsenheter.
- Upprätta lägesbild för eldenheters status.
- Förmedla lägesbild {luftläge och eldenheter} till andra ledningsenheter.
- Besluta/beordra sensoruppgifter (bl.a. emitterkontroll) t.ex. ”passiv”, ”tilldela sökområde”
- En värderings- och beslutsförmåga, vilken definieras av en beslutsmodell:
 - Hotutvärdering.
 - Hotprioritering.
 - Insatsbeslut, tilldela eldenhet/eldenheter order att bekämpa.

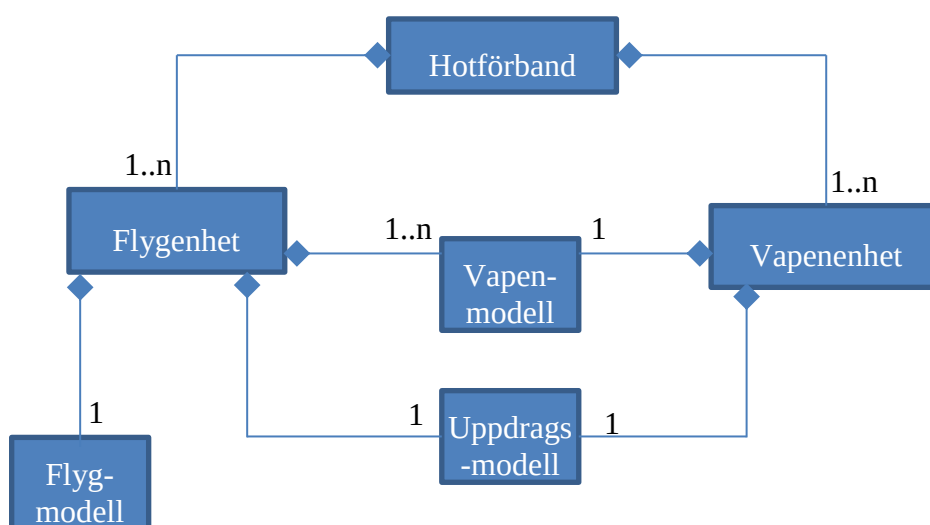
Användaren har under simuleringen möjlighet att välja att presentera en ledningsenhetens lägesbild, och även möjlighet att manuellt fördela sensoruppgifter eller fatta beslut om insats.

6.3.2 Hotförband

Ett hotförband är sammansatt av:

- Flygenheter
- Vapenenheter

Var och en av dessa kopplar modeller för beskrivning av vissa av deras individuella delförmågor.



Figur 13: Komposition av ett hotförband

Enheter i hotförband kan hanteras som separata individer eller som grupper, detta för att underlätta konfigurering. T.ex. kan en uppsättning kryssningsrobotar konfigureras att angripa samma mål, eventuellt med en tidsseparation.

6.3.2.1 Flygenhet

I verktyget utgör flygenheter hotförbandets de mest flexibla enheterna. De kan utföra flera uppgifter, t.ex. attackuppdrag eller luftlandsättning. En flygenhet har följande egenskaper:

- Flygegenskaper definieras av en flygmodell med egenskaper som
 - hastighet
 - svängförmåga
 - bränslenivå.
- Beväpning, beskrivs av en eller flera vapenmodeller
- Uppdragsbeskrivning vilken definieras av en uppdragsmodell med egenskaper som:
 - Typ: Attack, luftlandsättning, SEAD/DEAD.
 - Mål: Skyddsobjekt eller luftlandsättningsområde.
 - Eventuellt ”tid-i-målet”.
- Eventuell tillgång till motmedel för självskydd

6.3.2.2 Vapenenhet

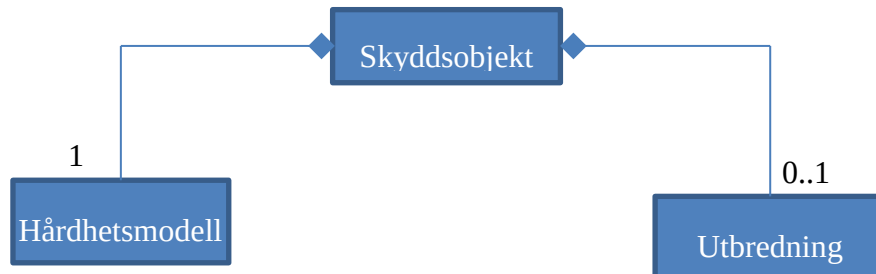
Vapenenheter kan enbart användas för attackuppdrag och har nedanstående egenskaper:

- Vapnets egenskaper definieras av en vapenmodell (kryssningsrobot, taktisk ballistisk robot)
- Uppdragsbeskrivning vilken definieras av en uppdragsmodell med egenskaper som
 - angreppsmål (Skyddsobjekt)
 - eventuellt ”tid-i-målet” eller avfyrningstidpunkt
 - utgångsgruppering, avfyrningspunkt

6.3.3 Skyddsobjekt

Skyddsobjekten består av:

- En hårdhetsmodell.
- En utbredning, som definierar var i simuleringen skyddsobjektet befinner sig.



Figur 14: Komposition av ett skyddsobjekt

6.4 Modeller

6.4.1 Vapenmodeller

Vapenmodeller kan ingå i Lv-förbandets eldenheter eller i hotförbandets enheter.

I nedanstående beskrivning av vapenmodeller diskuteras endast Typ-II modeller. Vad som är en Typ-I modell får avgöras från fall till fall. Exempelvis skulle en Typ-I modell kunna utgöras av en integrerad Simulink-modell⁸.

6.4.1.1 Typ-I modell

Dessa beskrivs inte i denna rapport.

6.4.1.2 Typ-II modell

- Kinematisk modell:
 - Maximal räckvidd
 - Nominell hastighet
 - Rörelseekvationer, 3-DOF
- Idealiserad målsökare, en av nedanstående typer:
 - EO
 - Aktiv radar
 - Semiaktiv radar
- Verkansdel, definierar pKill som funktion av målets typ och bomavstånd.
- Idealiserad länkstyrningsmodell (om vapnet har länkstyrning).

⁸ Simulink är ett modellbeskrivningsspråk utvecklat av MathWorks. Simulink används vid FOI för utveckling av robotmodeller

6.4.2 Beslutsmodell

Beslutsmodeller kopplas till en ledningsenhet inom ett Lv-förband. Dessa modeller skall vara transparenta.

6.4.2.1 Typ-I Modell

Från tillgänglig sensorinformation utförs uppgifterna:

- Hotutvärdering, där hot kan klassificeras automatiskt eller manuellt på förhand, (per hottyp eller enhet).
- Målprioritering. Modellen använder informationen från sensorer tillsammans med status för tillgängliga eldenheter för att avgöra vilka mål som behöver bekämpas först.
- Insatsbeslut, invisa mål till eldenhet.

6.4.2.2 Typ-II Modell

Från tillgänglig sensorinformation tas ett insatsbeslut där t.ex.

- Samtliga eldenheter in visas det mål som befinner sig närmast dem.

6.4.3 Uppdragsmodeller

Uppdragsmodeller kopplas till en enhet eller grupp av enheter inom ett hotförband.

6.4.3.1 Typ-I Modell

- Brytpunktsbana med anfallsmål och eventuell utgångsgruppering.
- Tid-i-mål eller avfyrningstidpunkt, det som är tillämpligt.

Nedanstående egenskaper är enbart tillämpligt för flygenheter:

- Uppdragstaktik SEAD/DEAD uppdrag.
- Självskyddsförmåga
 - Undanmanövrar
 - Motmedel
- Bränslebudget, uppdraget avbryts om enheten har för låg bränslenivå.

6.4.3.2 Typ-II Modell

- Brytpunktsbana med anfallsmål och eventuell utgångsgruppering.
- Tid-i-mål eller avfyrningstidpunkt, det som är tillämpligt.

6.4.4 Sensormodell

Detta avsnitt behandlar sensorer. Sensormodeller ingår som spaningsfunktion i underrättelseenheter eller som eldledningsfunktion i eldenheter.

6.4.4.1 Typ-I Modell

- Funktion: Spaning, Eldledning
- Typ: Radar, EO, SIS
- Detekteringsförmåga: 1D, 2D, 3D
- Detaljerad sensormodellering som tar hänsyn till
 - vågutbredning
 - terrängeffekter (terrängmask, bakgrundsklotter)
 - rund jord
 - vädereffekter
 - bakgrundsstörare.
- Detaljerad målföljare
- Sökprogram för givna områden/volymer bestämda av elevation och azimut.

6.4.4.2 Typ-II Modell

Dessa modeller har en räckviddsmodell som utgörs av en halvsfär. Radien på halvsfären ger ett upptäcksavstånd för en given signatur. Halvsfärens volym kan sedan minskas genom att göra utsnitt ur denna för att ta hänsyn till terräng, maximal elevation etc.

- Funktion: Spaning, Eldledning.
- Typ: Radar, EO, SIS.
- Detekteringsförmåga: 1D, 2D, 3D.
- Tabellerade upptäcksavstånd för olika radar/IR-signaturer.
- Elevationsområde.
- Azimutområde.
- Genomsökningstid för vald sökvolum, sökområde, sökbäring.
- Idealiserad målföljare.
- Enkelt väderberoende, upptäcksavstånd kan justeras med en vädereffektsfaktor.
- Enkelt terrängberoende, ingen sensortäckning i riktningar/volymer som hindras av terränghinder.
- Påverkas av bakgrundsstörare.

6.4.5 Kommunikationsmodeller

Med kommunikation menas här de kommunikationslänkar som finns mellan sammankopplade enheter. Till exempel kan två enheter vara sammanlänkade via radio, satellitlänk eller fiberoptisk kabel.

6.4.5.1 Typ-I Modell

- Vågutbredningsmodeller för att simulera kommunikation.
- Partiellt kommunikationsbortfall. Kommunikationslänkar kan gradvis försämrats beroende på till exempel störning och väder.

6.4.5.2 Typ-II Modell

- Idealiserad kommunikation utan fördröjning, alternativt kommunikation enkelt modellerad som en viss fördröjning, baserad t.ex. på avstånd.
- Kommunikationsbortfall sker binärt, t.ex. baserat på ett maximalt avstånd inom vilket två noder kan kommunicera.

6.4.6 Hårdhetsmodeller

Hårdhetsmodeller beskriver hur ”hårda” ett skyddsobjekt är. Detta kan fungera som en räknare som jämförs mot antalet gånger skyddsobjektet träffas, eller vara en mer sofistikerad modell. Skyddsobjekt behöver inte nödvändigtvis ha en hårdhetsmodell. Utan en sådan blir skyddsobjektet ”odödligt” och kan inte bekämpas.

6.4.6.1 Typ-I Modell

- En träff beräknas med hjälp av nedslagspunkt, typ av vapen och vinkel mot skyddsobjektet. Utifrån detta kan t.ex. ett program som Aval [3] användas för att tabellera hårdheten hos ett skyddsobjekt.

6.4.6.2 Typ-II Modell

- En radie inom vilken en träff räknas samt en enkel räknare som beskriver hur många träffar skyddsobjektet kan stå emot innan det är bekämpat.

6.4.7 Omgivningsmodeller

Omgivningsmodeller är de modeller som representerar luftrummet, vädret och terrängen som finns kring de enheter som simuleras i verktyget.

6.4.7.1 Terräng

Terrängmodellen ska tillhandahålla funktioner för beräkning av LOS (”line of sight”, siktlinje) samt terrängmaskning, givet positioner och vinklar.

- Typ: Jord-ellipsoidisk modell, t.ex. enligt WGS84.
- Höjddata skall kunna läsas in för ett givet område, förslagsvis DTED⁹-data. Detta ger enheter på en viss plats en höjd och en lutning given den punkt på marken de står på. Höjddata skall begränsa synligheten för enheter, så att enheter inte kan se genom marken.
- Olika typer av terräng ska kunna modelleras, främst genom att ge olika nivåer av maskning.

⁹ En standard för digital terrängdata, se U.S. Military Specification Digital Terrain Elevation Data (DTED) MIL-PRF-89020B.

- Maskvinkel ska kunna anges globalt, för att indikera en allmän ”täckning” av sensorer.
- Terrängbeklädning ska kunna anges. Även beklädnadens nominella höjd ska kunna anges.

Specifik terrängmaskning bör också kunna anges för en given sensor, vilket påverkar i vilka riktningar sensorn har möjlighet att detektera hot. Dessa är typiskt uppmätta för en specifik plats där man mätt maskvinklar på grund av träd, byggnader etc.

6.4.7.2 Atmosfär

Atmosfärens egenskaper har väsentlig påverkan på aerodynamiska beräkningar. Verktöget ska därför ha en atmosfärmodell som tillhandahåller följande:

- Temperatur som en funktion av höjd över havet.
- Atmosfäriskt tryck som funktion av höjd över havet.
- Luftdensitet som funktion av höjd över havet.
- Metoder för att beräkna mach-tal för en given höjd.

6.4.7.3 IR transmission

IR-sensorer påverkas av omgivningen, verktöget ska därför ha en modell för IR-transmission där följande egenskaper modelleras:

- Atmosfärstransmittans.
- Solplats.
- Marktemperatur.
- Ljusstyrka.

6.4.7.4 Väder

Väderförhållanden påverkar framförallt prestanda hos sensorer. Därför ska det finnas en vädermodell där nedanstående egenskaper går att påverka.

- Vindförhållanden globalt (eventuellt lokalt).
- Väderlekstyper – Regnigt, soligt, dimmigt.
- Molntäthet¹⁰, samt höjd för molntäcket.
- Stöd för molnområden, dvs. områden i scenariot som blockerar sikt för somliga typer av sensorer.

6.5 Bibliotek

6.5.1 Enhetsbibliotek

Enhetsbiblioteket skall innehålla prototyper av enheter som kan instansieras i scenarier, med eventuell initial konfigureringsdata, t.ex. position, tänkt mål. Det ska också gå att modifiera och spara varianter på tidigare prototyper.

Typiska exempel på enheter:

- Eldenhet IRIS-T.
- Generiskt attackflyg.

¹⁰ Skalar som beskriver hur stor del av himlen som är täckt av moln, eng. cloudiness

- Generisk kryssningsrobot.
- UndE23 sensorenhet.

6.5.2 Modellbibliotek

Det ska vara möjligt att skapa och modifiera modeller, genom att använda komponenter som tillsammans skapar en helhetsmodell av t.ex. en Lv-robot eller en underrättelsesensor.

6.5.2.1 Generisk vapenmodell

Verktyget innehåller mallar för vapen med val av

- egenskaper som målsökare, styrlag och länk
- ett fåtal parametrar: räckvidd, hastighet.

6.5.2.2 Generisk sensormodell

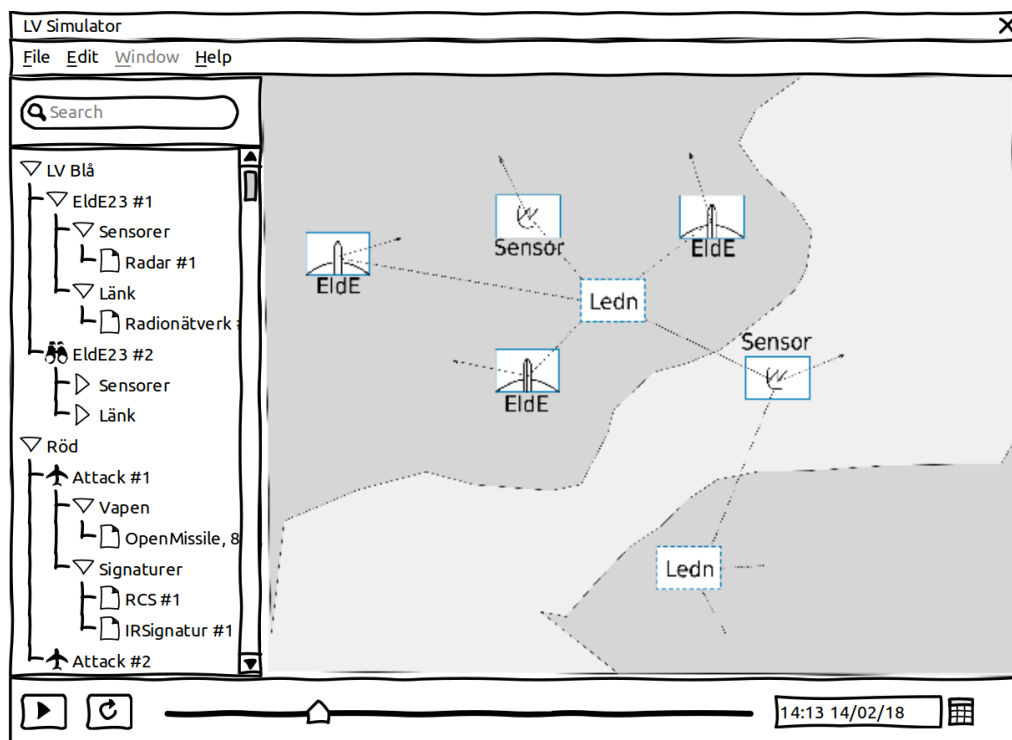
Verktyget innehåller mallar för sensorer med val av

- egenskaper som lobbredd, rotationshastighet, bandbredd, signalstyrka
- alternativt enkla parametrar som upptäcktsavstånd och utvridning.

6.6 Presentationsfunktioner

6.6.1 Scenariovy

Verktyget skall ha en planeringsvy där en karta presenteras med utplacerade enheter på de platser där dessa är placerade i scenariot. Såväl sensorer som eldenheter och hot ska synas, och kunna omplaceras och redigeras från denna vy. Vyn skall också presentera de kopplingar som olika enheter har, t.ex. vilken ledningsenhet som kommenderar olika eldenheter och vilka sensorer denna får information från. Se Figur 15. Verktyget skall också ha en 3D-vy där scenariot kan överblickas i 3D.



Figur 15 Scenariovy i verktyget, där olika enheter och deras kopplingar ritas ut.

Funktioner som också skall finnas är:

- Siktlinjesdiagram.
- Verkansdiagram / räckviddsdiagram.
- Lägesbild för enskild enhet eller fraktion.
- Möjlighet att flytta enheter i scenariot.
- Möjlighet att kunna dra ut nya kopplingar mellan t.ex. ledningsenheter och sensorenheter.

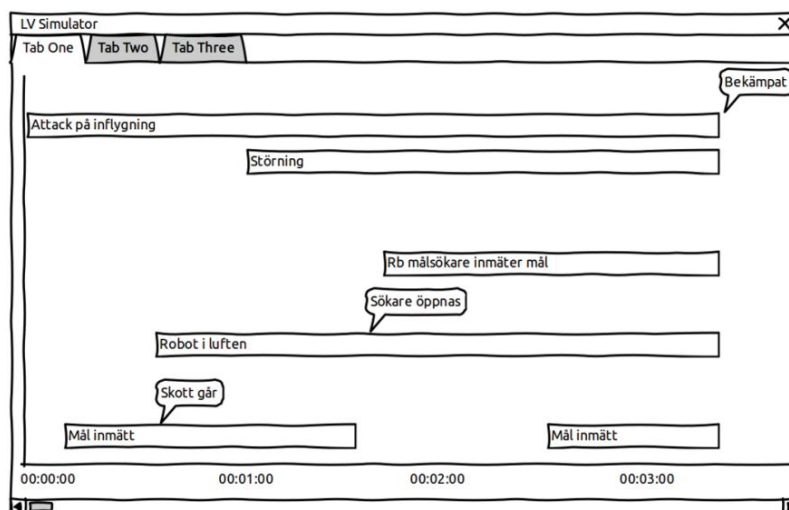
Man skall också kunna observera simuleringarna i denna vy. Besluten som ledningssystem tar ska kunna observeras under körningens gång. Det skall vara möjligt att välja simuleringshastighet (från sub-realtid till superrealtid). Det skall vara möjligt att pausa simuleringen och interagera med scenariot, t.ex. genom att lägga till enheter. Dessa ändringar kommer inte att sparas tillbaka i scenario-filen.

Efter att simuleringen kört klart (eller om man laddat in ett tidigare utfört scenario) så ska det gå att hoppa till olika tidpunkter i körningen.

6.7 Analysfunktioner

6.7.1 Statistik och analys

Verktyget skall presentera resultat från simuleringarna på ett överskådligt sätt. En typisk sådan vy är Gantt-diagram där olika händelser under scenariots gång åskådliggörs och t.ex. Lv-robotars livstid kan spåras, se Figur 16 för ett exempel.

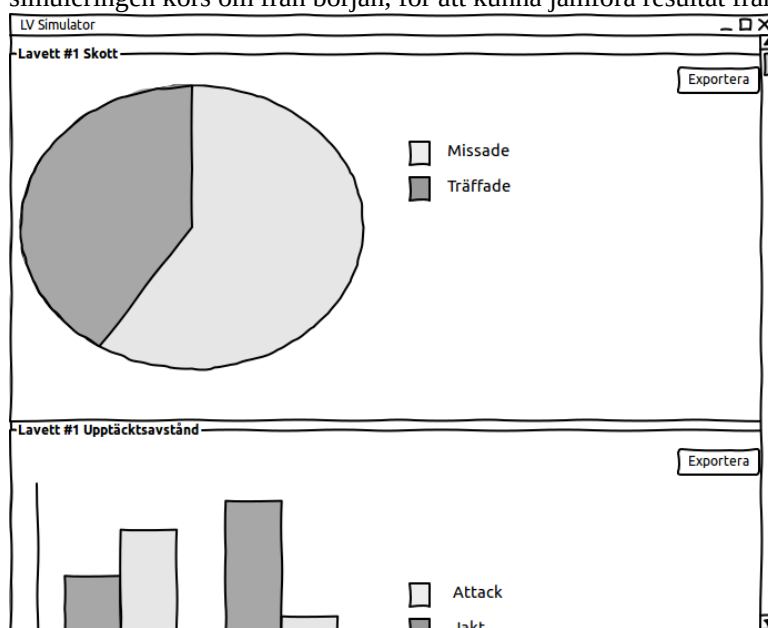


Figur 16: Exempel på hur Gantt-diagram kan se ut.

Det ska också gå att se statistik för de olika enheterna och förbanden efter simuleringens slut, se Figur 17. Exempel på information som ska gå att visa:

- Antal avfyrade skott.
- Antal bekämpade hot.
- Antal missade skott på grund av dubbelbekämpning.

Verktøget ska kunna behålla statistikvyerna även om ett annat scenario laddas in eller om simuleringen körs om från början, för att kunna jämföra resultat från flera simuleringar.

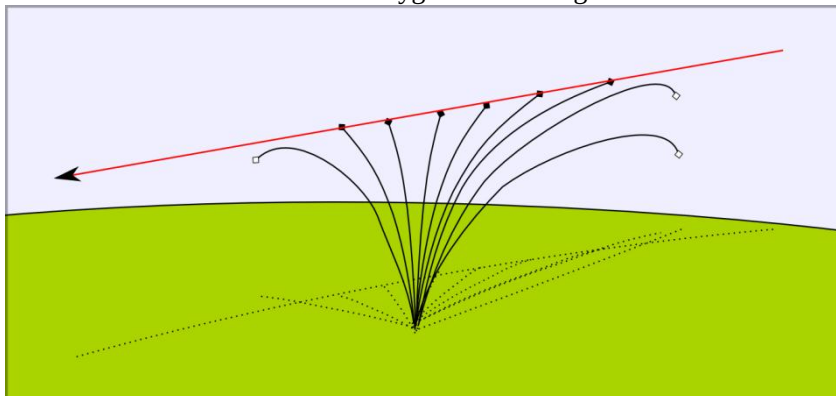


Figur 17 Skiss av hur statistik-vyn för en eldenhet kan se ut.

6.7.2 Flygbaneplott

Det skall i verktøget finnas stöd för att generera flygbaneplottar, som visar banorna för alla rörliga enheter i scenariot, samt spår efter skjutna Lv-robotar. I Figur 18 har ett hot (röd flygbana) flugit igenom ett område. Hotet var under simuleringen inställt att vara "odödligt". En eldenhet har avfyrat robotar mot hotet med en viss frekvens. Positioner där

Lv-vapnet träffat hotet är markerade med svarta punkter. På detta sätt har man fått en grov översikt över en vilken del av hotflygbanan som legat inom eldenhetens verkansräckvidd.



Figur 18: Principexempel på "flygbaneplo" i scenariovy-3D.

6.7.3 Parametervariation

Det skall också, enligt Figur 19, vara möjligt att konfigurera parametrar som skall varieras automatiskt under ett flertal körningar, för att underlätta analyser. Det ska t.ex. vara möjligt att variera:

- Eldenheters egenskaper så som omladdningstid, räckvidd.
- Sensorenheters egenskaper så som upptäcksavstånd, signalstyrka.
- Omgivningsparametrar, t.ex. molnighet och molnhöjd.
- Egenskaper hos hot, t.ex. hastighet, räckvidd på vapen, störförmåga.
- Beteende hos kvalificerat hot, t.ex. riskbenägenhet, reaktionstider.



Figur 19 – Skiss av hur en vy i verktyget kan möjliggöra Monte-Carlo-körningar.

Statistik från körningar med parametervariation skall vara tillgänglig på samma sätt som i avsnitt 6.7.1, men ytterligare analysverktyg skall också vara tillgängliga för att kunna jämföra olika körningar, t.ex.

- Kurvskaror, där resultat från många körningar visas samtidigt.
- Möjlighet att visa diagram från specifika körningar jämte varandra.

6.7.4 Loggar

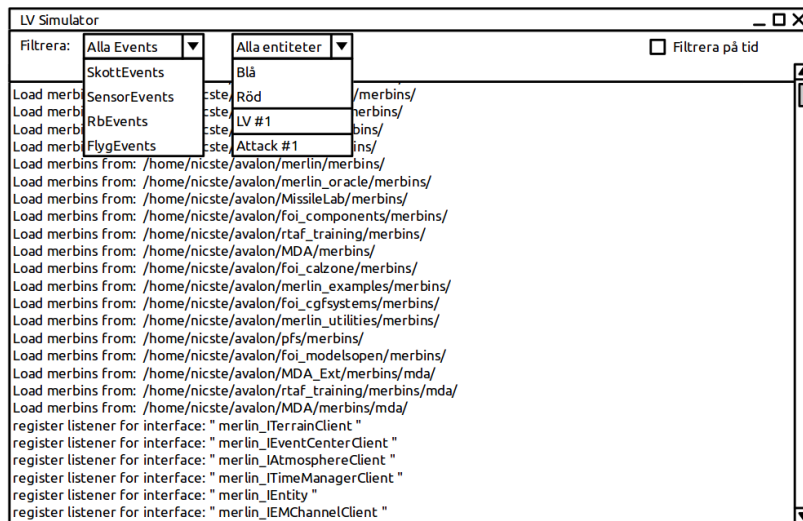
Verktyget skall ha medel för att exportera detaljerade loggar till fil där variabler loggas, till exempel:

- Enheters positioner
- Enheters lägesbild

Dessutom skall på motsvarande sätt händelser i scenariot loggas, till exempel:

- Avfyrande av robotar.
- Öppnande av målsökare.
- Användande av motmedel.
- Bekämpning av hot.

Se Figur 20.



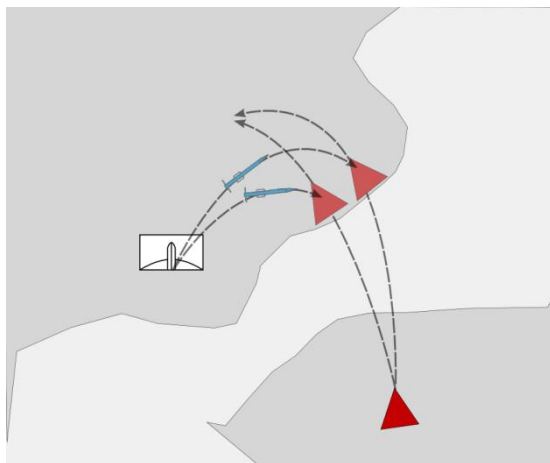
Figur 20. Skiss över hur loggningsvyn ser ut i verktyget.

Loggarna skall kunna exporteras på kommaseparerade filer, för att kunna importeras till andra analysverktyg. De skall vara åtkomliga inuti verktyget för att studeras, och filtreras på olika typer och enheter innan de exporteras.

6.7.5 Återuppspelning

Det ska i verktyget vara möjligt att återuppspela ett scenario genom att öppna loggar som genereras när scenariot spelats upp. Se Figur 21.

- Det bör finnas mekanismer för att se till att uppspelningen matchar det som hände när scenariot först skapades, så att t.ex. en förändrad robotmodell eller ledningsmodell inte ändrar utfallet i simuleringen. Om en modell har ändrats när loggarna laddas in skall ett felmeddelande genereras, och föreslagen version på kompatibel modellversion ska anges.
- Det skall gå att ladda in en scenariofil som även den används som underlag för att jämföra simuleringar. Vissa egenskaper i scenarierna måste då överensstämma, t.ex. terrängmodell, för att säkerställa att scenarierna agerar under likartade förutsättningar.
- Det skall gå att färgkoda olika loggar som visas samtidigt.
- Transparens ska gå att ange för scenarier som visas samtidigt.
- Det ska gå att spara en uppsättning av scenarier som ska återuppspelas.
- Det ska inte vara möjligt att påverka scenarierna i detta läge, eller att redigera innehållet i dessa så att loggar eller scenariofiler ändras.



Figur 21 Exempel på återuppspelning av parameter varierat scenario. Hotet (den röda triangeln) har antagit två olika rutter, som visualiseras samtidigt med inställda transparens. Den avfyrate luftvärnsroboten har då tagit två olika banor på väg mot hotet.

7 Slutsatser och diskussion

Rapporten innehåller en mängd beskrivningar av funktioner som är önskvärda i ett scenarioverktyg för luftvärnssimuleringar. Inför eventuell verktygsanskaffning eller verktygsutveckling måste olika funktioner vägas emot varandra och prioriteras för att reda ut vilka aspekter som är viktigast för att verktyget ska komma till avsedd nytta. Någon sådan avvägning eller prioritering görs inte i denna rapport.

Den stora mängden funktioner gör att man bör överväga att använda och eventuellt vidareutveckla en redan befintlig verktygsplattform. Denna rapport kan användas som stöd då man väljer en sådan.

Litteraturförteckning

- [1] Robert Hellmans, Hugo Heden, Niclas Stensbäck. Behovsstudie för verktygsstöd till modellering och simulering av luftvärnssystem. Teknisk rapport FOI-D--0605--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, Stockholm, augusti 2014.
- [2] Maj Britt Hansson. FoRMA, Luftvärn mot främst kryssningsrobotar. Teknisk rapport FOI-R--0118--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, Stockholm, juni 2001.
- [3] Mats Hartmann, Peter Alvå, Johan Pelo, Dag Wallström (Editors). AVAL 6.9.05 Referensmanual. Teknisk Rapport FOI-R--3691--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, Stockholm, juni 2013.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se