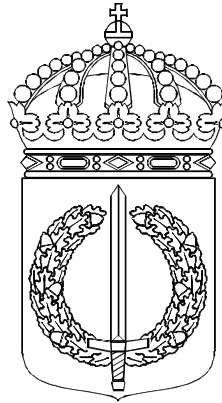


## FÖRSVARSHÖGSKOLAN

### KrV C:3 "Krigsvetenskap, C-uppsats"

<i>Författare</i> Mattias Elfström		<i>Kurs</i> ChP T 02-04
<i>FHS handledare</i> C-G Svantesson och Stefan Johansson		<i>Tel</i>
<i>Uppdragsgivare</i> MTI	<i>Beteckning</i> FHS 19 100:2081	<i>Kontaktman</i> Professor Stefan Axberg
<b><u>Rubrik:</u> Hotutvärderare för luftvärn - Automatiska algoritmer för beslutsstöd och beslutsfattande</b>		
<u>Sammandrag</u> Med dagens snabba datorer och omfattande informationssystem kan automatiska algoritmer för beslutsstöd i komplicerade situationer konstrueras. I luftvärnet finns det redan s k hotutvärderare som har denna funktionalitet. I föreliggande uppsats ges en överblick över den stridssituation dessa hotutvärderare skall hantera. Uppsatsen analyserar vidare vilka matematiska metoder som är lämpliga att använda för detta ändamål och hur de är kopplade till rådande doktrin.  Nyckelord: Tekniskt chefsprogram, hotutvärderare, algoritm, luftvärn		

Avsiktligt blank sida



## Swedish National Defence College

### Research Paper

<i>Author</i> Mattias Elfström	<i>Course</i> Advanced Command Course Electronic Warfare	
<i>SNDC Tutors</i> C-G Svantesson and Stefan Johansson		<i>Phone</i>
<i>Commissioned by</i> SNDC/Dep. of Military Technology	<i>Designation</i> FHS 19 100:2081	<i>Contact</i> Professor Stefan Axberg
<p><b><u>Title:</u> Threat Evaluation for Ground Based Air Defence Systems - Automatic Algorithms for Support and Decision Making</b></p> <p><u>Abstract</u> With today's high capacity computers and advanced information systems, automatic algorithms for decision making in complex situations can be created. In the Swedish ground based air defence forces such threat evaluating systems are already available. This research paper provides an overview of the combat situations that these systems are designed to handle. It further analyses which mathematical methods are appropriate for this purpose and how they are tied to current doctrine.</p> <p>Key words: Advanced Command Course Electronic Warfare, threat evaluation, algorithm, ground based air defence</p>		

Avsiktligt blank sida

# **HOTUTVÄRDERARE FÖR LUFTVÄRN**

**Automatiska algoritmer för beslutsstöd och beslutsfattande**

**Mattias Elfström  
ChPT 02/04**

Avsiktligt blank sida

## 0. Innehåll

<b>0. Innehåll</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Förord</b> .....	<b>9</b>
1.1 Läsanvisningar .....	9
<b>2. Inledning</b> .....	<b>11</b>
2.1 Bakgrund och motiv .....	11
2.2 Syfte och frågeställningar .....	12
2.3 Avgränsningar .....	12
2.4 Målgrupp .....	13
<b>3. Tillvägagångssätt</b> .....	<b>14</b>
3.1 Arbetsgång .....	14
3.2 Uppsatsens struktur .....	14
3.3 Värderingskriterier .....	15
<b>4. Definitioner</b> .....	<b>16</b>
4.1 Definierade begrepp .....	16
<b>5. Tidigare forskning</b> .....	<b>19</b>
5.1 Hotutvärdering .....	19
5.2 Doktrin .....	19
<b>6. Systembeskrivning</b> .....	<b>20</b>
6.1 Hotbild .....	20
6.1.1 Slutsatser .....	21
6.2 Uppgifter .....	21
6.2.1 Slutsatser .....	21
6.3 Luftvärnssystem .....	21
6.4 Systemuppbyggnad .....	22
6.4.1 Grupperingsgeometri .....	22
6.4.2 Informationssystem .....	23
6.4.3 Sambandssystem .....	24
6.4.4 Slutsatser .....	24
6.5 Doktrin .....	25
6.5.1 Doktrinen och hotutvärderaren .....	25
6.5.2 Hot .....	26
6.5.3 Bekämpningsbarhet .....	26
6.5.4 Slutsatser .....	26
6.6 Ett stridsförlopp .....	27
6.7 Stridsledning .....	30
6.7.1 Slutsatser .....	30
6.8 Hotutvärdering .....	30
6.8.1 Sårbarheter .....	31
6.8.2 Slutsatser .....	31
<b>7. Analys</b> .....	<b>32</b>
7.1 Metoder för hotutvärdering .....	32
7.1.1 Parametrar .....	32
7.1.2 Hantering av osäkerheter .....	34
7.1.3 Slutsatser .....	34
7.2 Matematiska metoder .....	36
7.2.1 "Fuzzy logic", luddig logik .....	36
7.2.2 Logik .....	36
7.2.3 Bayesianska nätverk .....	36
7.2.4 Andra metoder .....	37
7.3 Scenario .....	37
7.3.1 Teoretiskt luftvärnssystem .....	37
7.3.2 Teoretisk motståndare .....	38
7.3.3 Teoretisk hotutvärderare .....	38
7.3.4 Fall I .....	39
7.3.5 Fall II .....	40
7.3.6 Fall III .....	41
7.4 Luddig logik .....	42
7.4.1 Fall I .....	42
7.4.2 Observationer .....	43
7.4.3 Fall II .....	44
7.4.4 Observationer .....	44
7.4.5 Fall III .....	45
7.4.6 Observationer .....	45
7.4.7 Fördelar .....	45
7.4.8 Nackdelar .....	46
7.5 Logik .....	47
7.5.1 Fall I .....	47
7.5.2 Observationer .....	47
7.5.3 Fall II .....	48
7.5.4 Observationer .....	48
7.5.5 Fall III .....	49
7.5.6 Observationer .....	49
7.5.7 Fördelar .....	49
7.5.8 Nackdelar .....	49
7.6 Bayesianska nätverk .....	50
7.6.1 Fall I .....	50
7.6.2 Observationer .....	50
7.6.3 Fall II .....	53
7.6.4 Observationer .....	54
7.6.5 Fall III .....	54
7.6.6 Observationer .....	54
7.6.7 Fördelar .....	54
7.6.8 Nackdelar .....	55
<b>8. Värdering, slutsatser och diskussion</b> .....	<b>56</b>
8.1 Övergripande slutsatser .....	56
8.2 Parametrar för hotutvärdering .....	56
8.3 Mätmetoden .....	56
8.4 Utveckling .....	57
8.5 Fortsatta studier .....	58
8.6 Slutord .....	58

## **Bilagor**

<b>a. Litteraturlista.....</b>	<b>59</b>
a.1 Tryckta källor .....	59
a.2 Källor på internet.....	59
a.3 Övriga källor.....	59
<b>b. Lista över förkortningar.....</b>	<b>60</b>
<b>c. Bildförteckning .....</b>	<b>61</b>
<b>d. Fakta om luftvärnsförband .....</b>	<b>62</b>
d.1 RBS 70 och 90.....	62
d.2 RBS 97 HAWK .....	62
d.3 RBS 23 BAMSE .....	62
d.4 LvKv .....	63

## 1. Förord

Föreliggande uppsats har utarbetats under 2003-2005 vid Försvarshögskolans militärtekniska institution av major Mattias Elfström (FHS, ChPT 02/04).

Handledare för uppsatsarbetet har Stefan Johansson (FHS, MTI) och CG Svantesson (FHS, MTI) varit.

Opponent har Jan Kinnander (FHS, ChPT 03/05) varit.

Kontakter, utöver handledarna och opponenter, som bidragit med ovärderlig information och ställt upp på intressanta diskussioner har varit Christian Bennet (Göteborgs Universitet), Per Gerdle (Luftvärnsregementet), Johan Schubert (FOI), Lennart Steen (Ericsson), Robert Suzic (FOI), Magnus Tholén (Ericsson), Klas Wallenius (Saab/NADA KTH) och Karl Ydén (Göteborgs Universitet).

### 1.1 Läsanvisningar

För att undvika missförstånd och tydliggöra resonemanget i uppsatsen har ord som definierats i kapitel 4 Definitioner, kursiverats då de används i sin definierade betydelse. När läsaren stöter på ett sådant ord, och betydelsen inte är uppenbar, är det därför lämpligt att återvända till definitionerna för att till fullo förstå författarens avsikt med användandet.

Då textavsnitt ur andra publikationer återges har dessa placerats inom citationstecken och kursiverats. En källhänvisning (med sidhänvisning där så är påkallat) återfinns även som en fotnot i dessa fall. Denna typ av kursivering skall inte förväxlas med den för definitioner ovan angivna.

Då det har bedömts lämpligt att använda oöversatta uttryck på engelska har även dessa placerats inom citationstecken och kursiverats.

En förkortningslista med förklaringar återfinns i bilaga b.

Grundfakta om dagens luftvärnssystem finns samlade i bilaga d.

**OBSERVERA: Den elektroniska pdf-versionen av denna uppsats har formaterats för Adobe Reader, version 7 eller högre. Diagram och bilder kan presenteras felaktigt i tidigare versioner.**

Avsiktligt blank sida

## 2. Inledning

### 2.1 Bakgrund och motiv

Det är knappast någon överdrift att säga att dagens datorer och processorer har sådan beräkningskraft att de utan större svårighet kan användas för att behandla enorma mängder data på mycket kort tid. Denna beräkningskraft används redan för att sortera och presentera information i flera militära sammanhang. Ett område som dock till alldeles nyligen varit reserverat för människor är beslutsfattning.

Försvarsmakten står dessutom inför upprättandet av det nätverksbaserade försvaret. I detta system kommer stora mängder information från olika sensorer kunna samlas in och lagras automatiskt. Med hjälp av datorprogram kommer informationen sedan att kunna sammanställas, förädlas och presenteras. Utifrån denna presentation skall militära chefer på olika nivåer slutligen fatta sina *beslut*.

Dessa beslut kommer i många fall att utgå från doktrinära grunder, bestämmelser eller reglementen. I de fall *besluten* kan fattas utifrån tidigare uppgjorda mönster är det enkelt att istället låta datorprogram fatta *beslut* och sedan distribuera dem. Man kan även tänka sig att avancerade datorprogram kan bevaka följderna av tidigare fattade *beslut*, värdera resultaten och skapa nya, bättre, mönster för nästa serie *beslut*.

Redan sedan tidigare förfogar försvarsmakten över system som kan fatta enkla *beslut* med hjälp av datorprogram eller andra typer av program. Som exempel kan nämnas program för bl a *hotutvärdering*, målfördelning och korrelering av mål. Dessa system följer i vissa avseenden tidigare *doktriner*, men innehåller även delar som inte tidigare utsatts för granskning.

Användning av datorprogram för beslutsstöd och beslutsfattning innebär att mycket stora mängder information kan användas som bas för *beslut*. Denna informationsmängd kan mycket snabbt, ofta i realtid, sammanställas och presenteras på ett överskådligt sätt. Detta innebär att *beslut* kan fattas mycket snabbare än tidigare och med hänsyn tagen till många fler faktorer. Samtidigt finns det en risk att de mänskliga beslutsfattarna litar för mycket på beslutsstödet. Detta problem blir extra allvarligt om datorernas bakomliggande *algoritmer* inte baseras på samma *doktrinära* grund som en människas *beslut* skulle göra.

Av detta följer att system och *algoritmer* för beslutsstöd och beslutsfattning måste utvecklas baserat på rådande *doktriner*. *Algoritmerna* måste dessutom vara tillräckligt genomskinliga för att bli överskådliga och kunna förstås av dem som skall använda dem.

Luftvärnet är ett truppslag som är starkt beroende av avancerad teknisk utrustning för att kunna lösa sina *uppgifter*. Framförallt krävs utrustning som gör att luftvärnsystemen kan sättas in med mycket korta reaktionstider och i komplicerade stridssituationer där stora mängder underrättelsesdata måste tas hänsyn till. Inom luftvärnsystemen har det i stort sett alltid funnits tekniska hjälpmedel för att värdera stridssituationen och utifrån detta fatta *beslut* om insatser. Den ovan beskrivna bakgrunden ger vid handen att det nu skulle vara tekniskt möjligt att ta dessa hjälpmedel till en ny nivå inom området beslutsfattning.

Föreliggande uppsats behandlar hotutvärderare för luftvärnsstrid, men eftersom dessa arbetar i en så pass komplex stridssituation kan materialet även vara tillämpligt på hotutvärderare inom andra områden.

## 2.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med föreliggande uppsats är att beskriva, och utifrån nuvarande och framtida *doktriner*, värdera några principer och *algoritmer* som kan användas för automatiskt beslutsstöd och beslutsfattning, främst i luftvärnets hotutvärderare.

Inom ramen för denna uppsats avses därför följande frågeställning belysas:

- Vilka grundläggande principer bör användas för automatiskt beslutsstöd och beslutsfattning i luftvärnets hotutvärderare?

Denna frågeställning antyder dessutom följande delfrågor:

- Vilka *algoritmer* är lämpliga att använda vid utformning av hotutvärderare?
- Hur skall dessa *algoritmer* kopplas till dagens och framtidens *doktriner*?

## 2.3 Avgränsningar

Följande avgränsning har varit en förutsättning för uppsatsarbetet:

- Endast öppna källor har använts. Detta innebär att teoretiska modeller av luftvärnssystem och motståndare byggts upp för att analys skall kunna genomföras.

Följande avgränsningar har gjorts för att hålla texten koncentrerad:

- *Algoritmer* för *hotutvärdering* kan hypotetiskt sett byggas upp på ett oändligt antal olika sätt. Av utrymmesskäl och för att göra analys möjlig behandlas endast ett begränsat antal principer (tre stycken beskrivs).
- Kopplat till en automatisk hotutvärderare finns ofta ett liknande

system för *insatsplanering*. Vid *insatsplanering* tas hänsyn till hur flera mål på bästa sätt skall fördelas mellan flera olika *eldenheter*. För att inte göra analysen alltför omfattande och svåröverskådlig har detta område utelämnats.

- Endast system som används under genomförande av strid behandlas. Planeringshjälpmedel, vilka syftar till att analysera taktik före insats, behandlas därför inte.
- Endast flygande hot behandlas. Detta utesluter dock inte att liknande principer skulle kunna vara användbara för att värdera andra typer av hot.
- Endast *stridsledning* av *eldenheter* behandlas. Det står helt klart att även nyttjandet av radarstationer kan och bör stödjas av automatiska beslutsstödssystem, men detta område förtjänar en egen avhandling.
- Som en följd av ovanstående punkt behandlas inte heller *hotutvärdering* baserat på störhott. Detta är förvisso ett mycket intressant område, men förtjänar även detta att avhandlas separat.
- Endast svenska luftvärnssystem och situationer behandlas och marina luftvärnssystem behandlas inte.
- I första hand behandlas endast moderna hotutvärderare, men jämförelser med tidigare system görs i vissa fall.
- Endast statiska eller semistatiska system behandlas. Självlärande system behandlas inte eftersom det skulle öppna ett helt nytt område för studier, ett område som är värt en egen avhandling.

Följande avgränsning har gjorts för att analyskapitlet skall bli hanterbart och överskådligt:

- Dataunderlag för *hotutvärdering* förutsätts vara korrekt och tillförlitligt (insamling, värdering och korrelering av data behandlas inte, tillförlitlighet och relevans av data behandlas inte heller).

Slutligen förutsätter uppsatsen att systemen för *hotutvärdering* skall implementeras i närtid (inom fem till tio år) och på nuvarande eller i närtid införda vapensystem.

## 2.4 Målgrupp

Uppsatsen riktar sig främst till officerare med kunskap inom områdena *stridsledning*, undledning samt stridsteknisk- och taktisk ledning av förband i strid.

Läsaren förutsätts ha någon kunskap om hur luftvärnsstrid går till och hur dagens lufthotbild ser ut. Läsaren förutsätts vidare ha viss kunskap om hur datorprogram och *algoritmer* byggs upp.

Det är författarens förhoppning att uppsatsen kan ge fördjupad förståelse för hur matematiska *algoritmer* kan användas för en mycket specifik tillämpning; i detta fall beslutsstöd vid *hotutvärdering*.

### 3. Tillvägagångssätt

#### 3.1 Arbetsgång

Det övergripande tillvägagångssättet för föreliggande uppsats har varit att samla in fakta rörande *doktrinära* grunder för *hotutvärdering* vid luftvärnsenheter, fakta rörande lämpliga matematiska metoder för *hotutvärdering* samt fakta rörande lämpliga metoder för att värdera dessa metoder. Dessa fakta har sedan värderats och strukturerats för att kunna användas att bygga upp ett resonemang som leder till slutsatser rörande uppsatsen frågeställning.

#### 3.2 Uppsatsens struktur

Uppsatsens struktur framgår av bild 1. Bilden visar hur de olika kapitlen leder till slutsatser som sedan förs vidare till senare kapitel och utnyttjas för att bygga upp resonemanget. Börjar man bakifrån, med uppsatsens mål, följer strukturen följande mönster:

För att kunna besvara frågeställningen "vilka grundläggande principer bör användas för automatiskt beslutsstöd och beslutsfattning i luftvärnets hotutvärderare" behöver ett antal olika principer belysas avseende funktionalitet och överrensstämmelse med stridsteknisk *doktrin* (ruta f i bild 1). Detta återfinns i avsnitten 7.4, 7.5 och 7.6.

Vid utvärdering av komplexa *algoritmer* eller system av *algoritmer* har man inom luftvärnet vid flera tidigare tillfällen använt sig av scenarier (ruta d i bild 1 - se avsnitt 7.3 Scenario). Dessa scenarier har byggts upp baserat på den hotbild man anser att systemen skall kunna hantera och verka i (ruta a i bild 1 - se kapitel 6.1 Hotbild).

För att kunna genomföra värdering av *algoritmer* i scenarier behöver *algoritmerna* vara kända i detalj. I uppsatsen behöver därför detaljerade

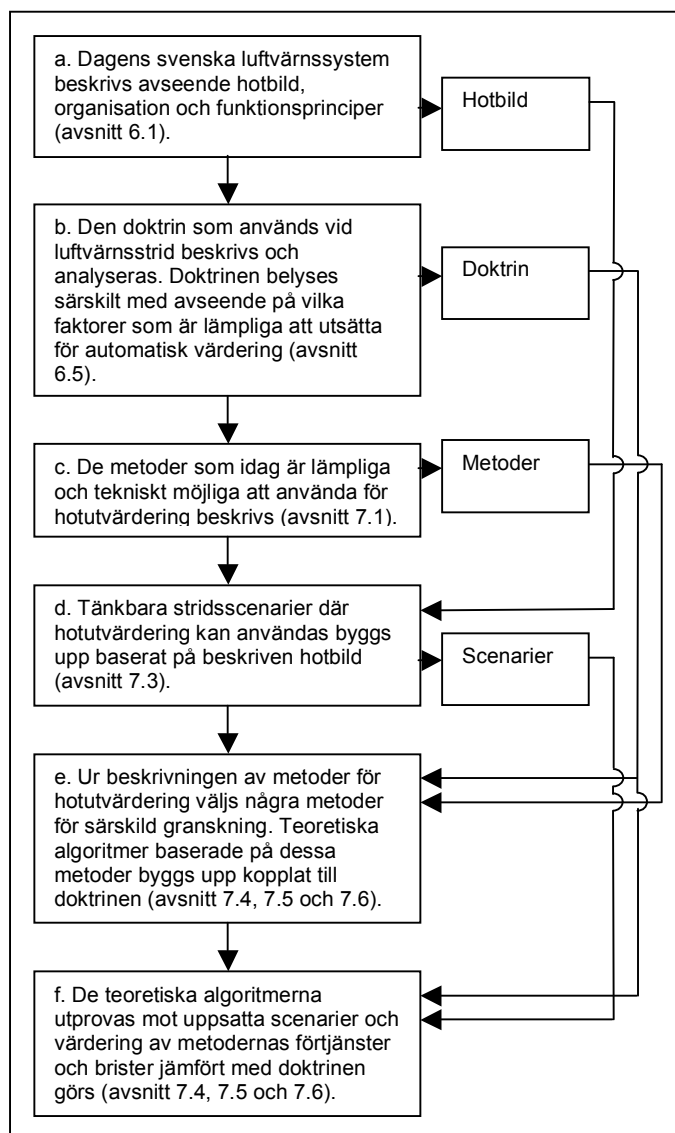


Bild 1. Tillvägagångssätt

*algoritmer* för hotutvärdering utformas (ruta e i bild 1), detta görs i avsnitten 7.4, 7.5 och 7.6.

Ingångsvärden för utformning av *algoritmer* inhämtas genom studier av vilka principer för automatiskt beslutsfattande som idag är lämpliga eller möjliga att använda (ruta c i bild 1 - se kapitel 7.1 Metoder). Vidare behöver den stridstekniska *doktrin* som *algoritmerna* skall hantera beskrivas (ruta b i bild 1), vilket görs i kapitel 6.5 Doktrin.

Detta innebär även att luftvärnets stridssituation, organisation och funktionsprinciper behöver beskrivas (ruta a i bild 1- se kapitel 6 Systembeskrivning).

### 3.3 Värderingskriterier

Uppsatsen använder sig alltså av scenarier för att värdera förtjänster i olika *algoritmer*. Det är värt att notera att denna typ av värdering har använts flera gånger för att värdera och verifiera olika typer av *algoritmer* i de system luftvärnet använder idag.

Denna typ av värdering har fördelen att komplexa *algoritmer* kan åskådliggöras på ett lättfattligt sätt<sup>1</sup>, men det är samtidigt så att scenarierna aldrig kan beskriva alla de situationer *algoritmerna* kan tvingas hantera.

Eftersom luftstridsscenarier kan varieras i oändligheten skulle ett oändligt antal scenarier krävas för en fullständig analys av en *algoritm*. Lägg till detta att *algoritmerna* i sig förstås kan varieras på ett oändligt antal sätt och det står klart att denna typ av analys måste fokuseras till ett antal huvudscenarier.

Detta innebär förstås att alltför långtgående slutsatser om *algoritmernas* fördelar och nackdelar inte kan dras på ett begränsat underlag.

---

<sup>1</sup> Law, Averill M och W David Kelton (2000), *Simulation Modeling and Analysis, Third Edition*, McGraw-Hill Higher Education, ISBN 0-07-059292-6

## 4. Definitioner

### 4.1 Definierade begrepp

Följande definitioner är till för användning i föreliggande uppsats. Begreppen kan ha en annan betydelse i andra sammanhang. I de fall det inte framgår att definitionen är hämtad från en yttre källa, är det författaren som har fastställt den.

#### Algoritm

Enligt Nationalencyklopedin är en "algoritm":

*"algori'tm (ursprungligen förvanskning av namnet på den persisk-arabiska matematikern al-Khwarizmi, vilket anslutits till grek. arithmo's 'tal', 'siffra', 'räkning'), algorism, inom matematik och databehandling en systematisk procedur som i ett ändligt antal steg anger hur man utför en beräkning eller löser ett givet problem."*<sup>2</sup>

Ett enkelt exempel på en *algoritm* skulle kunna vara ett matrecept. Receptet beskriver på ett tydligt sätt varje steg som krävs för att komma fram till en färdig maträtt.

När det gäller *algoritmer* som skall ligga till grund för datorprogram är det viktigt att notera att *algoritmen* måste vara fullständig. Den kan inte lämna hål där programmet inte vet hur det skall gå vidare. Då kraschar programmet. Om vi återvänder till exemplet med receptet kan man t ex inte ange att 2-4 ägg skall användas. Man måste i så fall komplettera detta med information om hur datorn skall avgöra om det är två, tre eller fyra ägg den skall använda. Ett sätt att göra detta är att förse instruktionerna med villkor. T ex kan man säga att om äggen väger mindre än en viss vikt skall fyra ägg användas, väger de

mellan två vikter skall tre ägg användas och väger de över en viss vikt räcker två ägg.

I föreliggande uppsats menas med ordet *algoritm* en sådan fullständig instruktion som kan ligga till grund för ett datorprogram.

#### Beslut

Enligt Nationalencyklopedin är "beslut":

*"beslut, val mellan olika handlingsalternativ"*<sup>3</sup>

I vissa sammanhang anses, med hänvisning till bedömningar baserade på känslor och uppfattningar, att beslutsfattning är något som bara människan kan utföra. För våra syften kommer ordet dock att användas för att beteckna just valet mellan olika handlingsalternativ. Detta innebär att en *algoritm* kan användas för att fatta *beslut*.

#### Doktrin

Ordet "doktrin" används för att beteckna olika saker i olika sammanhang. I Nationalencyklopedin kan man t ex läsa följande:

*"doktri'n (lat. doctri'na 'undervisning', 'lärdom', 'läroämne', av do'ceo 'lära', 'undervisa'), lära eller lärosats (avsedd att styra det praktiska handlandet), norm, särskilt i politiska och militära frågor."*<sup>4</sup>

Med ordet *doktrin* avses i denna uppsats snarare samma sak som i Utkast 1.0 till Luftvärnsdoktrin<sup>5</sup>:

*"En doktrin är en beskrivning av vilka medel och metoder som avses användas för*

<sup>2</sup> Nationalencyklopedin, hämtat från <<http://www.ne.se/>> 2005-04-28

<sup>3</sup> Nationalencyklopedin, hämtat från <<http://www.ne.se/>> 2005-05-04

<sup>4</sup> Nationalencyklopedin, hämtat från <<http://www.ne.se/>> 2005-05-04

<sup>5</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet

*att nå de uppställda målen. Doktrinen är alltså ett system av handlingsregler eller riktlinjer... ”<sup>6</sup>*

Med denna definition kan *doktrinen* användas som en utgångspunkt för att skapa de *algoritmer* som behövs för ett automatiserat beslutsfattande.

Värt att notera är också att ordet doktrin ofta i militära sammanhang används för att beteckna handlingsregler och förhållningssätt på en hög organisatorisk nivå. Här används *doktrin* dock som en beteckning för handlingsregler ända ner på stridsteknisk nivå och inkluderar därför även stridstekniska anvisningar.

#### **Eldenhhet**

Med *eldenhet* avses den minsta organisatoriska enhet i ett luftvärnsförband som självständigt kan avge eld mot luftmål.

#### **Hotutvärdering**

Med *hotutvärdering* avses den process som avgör till vilken grad ett visst mål hotar luftvärnsförbandets möjligheter att lösa sin *uppgift*.

#### **Identitet**

Ett företags *identitet* fastställs med hjälp av regler som framgår i bestämmelser för samordning av striden mot luftmål (SAMO Luft) eller i internationella sammanhang i s k "*Rules of Engagement*". Identiteten avgör om företaget t ex skall betraktas som fientligt eller vårt.

#### **Insatsplanering**

*Insatsplanering* är kopplad till *hotutvärdering* och syftar på den process som avgör hur mål skall fördelas till *eldenheter* på ett sådant sätt att maximal effekt uppnås.

#### **Klass**

Med ett måls *klass* avses en rubrik som anger målets huvudsakliga eller viktigaste egenskaper (se vidare under avsnitt 7.1.1 Parametrar).

#### **Luftlägesbild**

En *luftlägesbild* är en sammanställd bild som utvisar hur läget i luftstriden ser ut. Det är eftersträvansvärt att denna bild är så komplett och korrekt som möjligt och det är ett nästan oavvisligt krav att den är realtidsaktuell. Denna bild används som ingångsdata för att fatta *beslut* om hur luftvärnsenheterna skall sättas in.

#### **Stridsledare**

Den befattningshavare som utövar *stridsledning*.

#### **Stridsledning**

Begreppet stridsledning används för att beteckna delvis olika verksamheter i olika truppslag. I föreliggande uppsats består *stridsledning* av att inhämta och sammanställa information om motståndaren och egna enheter, värdera informationen och därefter fatta *beslut* om insats. *Beslut* om insats grundar sig på *doktrin*, gällande *uppgift* och riktlinjer samt på rådande situation.

#### **Underrättelseenhet**

En luftvärnsbeteckning på en spaningsradarenhet. *Underrättelseenheten* har, beroende på systemfunktionalitet, till uppgift att inhämta information om luftläget, sammanställa denna, genomföra *hotutvärdering* och *insatsplanering* och vidareförmedla resultaten till anslutna *eldenheter*. Ordet *underrättelseenhet* förkortas ofta till "undenhet" eller "unde".

#### **Underrättelseledare**

Leder verksamheten i en *underrättelseenhet*. *Underrättelseledaren* har i stort sett motsvarande uppgifter som *stridsledaren* vid *eldenheten*. Ordet

---

<sup>6</sup> *Kompendium i strategi S:2*,  
Försvarshögskolan 1995-09-01, s. 2

*underrättelseledare* förkortas ofta till "undledare". Med ovanstående definition av *stridsledning* kan man anse att *underrättelseledaren* också utövar *stridsledning*.

### **Uppgift**

Den formella order som ligger till grund för hur ett luftvärnsförband används.

*Uppgiften* kan kompletteras med beredduppgifter, riktlinjer och omfall.

### **Wild weasel-uppträdande**

*Wild weasel-uppträdande* betecknar en typ av uppträdande där ett eller flera flygföretag används för att avleda uppmärksamheten från ett viktigare företag.

## 5. Tidigare forskning

### 5.1 Hotutvärdering

*Hotutvärdering* har varit föremål för studier så länge luftvärnsfunktionen funnits. Redan i gamla luftvärnsreglementen återfinns doktrinära regler för hur *eldenhetens stridsledare* skall välja sina mål.

På senare tid har studier inom området främst bedrivits vid företag inom försvarsindustrin och vid utbildningsinstitutioner. I den mån någon grundforskning utförts inom industrin är resultaten oftast hemliga.

En av de första mer avancerade automatiska hotutvärderare i det svenska luftväret återfanns i CIG 790, levererad av företaget SATECH. Denna hotutvärderare baserades på klassisk logik och funktionaliteten testades vid leverans genom att jämföra resultat vid olika scenarietörningar med specifikationerna. En översiktlig beskrivning av funktionaliteten återfanns i reglementet.

Ungefär samtidigt infördes även spaningsradarn PS 90, tillverkad av EMW. Denna enhet har en än mer avancerad hotutvärderare.

Det senaste tillskottet till luftvärets arsenal, UndE 23, har även den en avancerad hotutvärderare tillverkad av EMW. Funktionaliteten i denna radarstation matchas även av den i *eldenhet 23*, tillverkad av Bofors.

EMW har baserat sina hotutvärderare på *algoritmer* av en typ som kallas "*fuzzy logic*", luddig logik.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Steen, Lennart (2004), *PowerPoint-presentationen LvUndC i UndE23*, EMW 2004-09-13, s. 8

Även vid andra institutioner har man intresserat sig för *algoritmer* för automatiskt beslutsstöd och *hotutvärdering*. En matematisk princip som man t ex undersökt vid KTH är s k Bayesianska nätverk. Se t ex "*Generic Support for Decision-Making in Management and Command and Control*"<sup>8</sup> och "*Bayesian Games for Threat Prediction and Situation Analysis*"<sup>9</sup>.

### 5.2 Doktrin

När det gäller utveckling av *doktrin* på denna nivå inom luftväret har detta främst legat inom truppslagets ansvarsområde.

De doktrinära grunderna har främst framgått av luftvärnsreglementena. Oftast kan man i dessa inte läsa om bakgrunden till varför *doktrinen* är utformad som den är, utan endast hur den skall tillämpas. Se t ex "BrigR A Lvbat rb 90/70M"<sup>10</sup>.

I ett försök att sammanfatta den aktuella stridstekniska *doktrinen* inom luftväret uppdrogs författaren till denna uppsats av Luftvärnsregementet att sammanställa ett utkast till luftvärnsdoktrin. Detta dokument har titeln "Luftvärnsdoktrin"<sup>11</sup>, utgavs år 2002 och finns att tillgå vid Luftvärnsregementet eller direkt från undertecknad.

---

<sup>8</sup> Wallenius, Klas (2004), *Generic Support for Decision-Making in Management and Command and Control*, KTH Numerical Analysis and Computer Science, ISBN 91-7283-750-0

<sup>9</sup> Brynielsson, Joel och Stefan Arnborg (icke angivet utgivningsår), *Bayesian Games for Threat Prediction and Situation Analysis*, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Royal Institute of Technology

<sup>10</sup> *BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva* (2003), Försvarsmakten, M7741-140070

<sup>11</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet

## 6. Systembeskrivning

I detta avsnitt beskrivs uppbyggnaden av dagens svenska luftvärnssystem. Dessutom ges en överblick över hur de används i strid genom att granska hotbilden, de *doktrinära* grunderna för luftvärnsstrid samt hur dessa tillämpas i *stridsledningen*. Syftet är att ge läsaren en bild av i vilken situation en hotutvärderare för luftvärn skall användas och vilka problem som måste kunna hanteras.

De svenska luftvärnssystemen har under de senaste åren genomgått dramatiska förändringar, främst i volym och organisation, men det har även genomförts ett antal funktionsförsök där stridsteknik och *doktrin* granskats. För att kunna ge en någorlunda enhetlig bild av systemuppbyggnaden har i första hand förhandsutgåvan av "BrigR A Lvbat rb 90/70M"<sup>12</sup> använts som utgångspunkt, men även andra reglementen har använts som komplettering.

### 6.1 Hotbild

Luftvärnets strid ges framförallt sin särskilda karaktär av den hotbild som det ställs inför. Stridsituationen för luftvärn är delvis unik eftersom flygande enheter har radikalt annorlunda systemprestanda än luftvärnsförband. Funktions- och prestandaskillnaden mellan luftvärnsförband och dess flygande motståndare är stor<sup>13</sup>.

Även om andra markbundna enheter kan utgöra ett hot mot luftvärnet och dess skyddsobjekt väljer vi fortsättningsvis att inte behandla detta område vidare.

Hotet mot luftvärnet riktar sig främst mot de skyddsobjekt luftvärnsenheterna tilldelats och direkt mot luftvärnsenheterna.

Ett luftvärnsförband är relativt statiskt i sin gruppering, medan ett flygande förband snabbt kan sättas in var som helst över en mycket stor yta. Flygande enheter har både ett höjd- och fartövertag gentemot luftvärnsförband. Detta innebär att sensorer på flygande plattformar har bättre siktförhållanden och räckvidd. Vapen avfyra från flygande plattformar har dessutom i regel högre utgångshastighet och längre räckvidd än motsvarande vapen avfyra från markbundna plattformar.

Eftersom insatser med flygförband sker över stora områden, med hög fart och med all sannolikhet i koncentrerad styrka bestående av ett stort antal luftfarkoster, krävs avancerad teknik för att kunna skapa en lägesuppfattning, mäta in mål och bekämpa dessa. Luftvärnet är därför ett av de mest teknikkrävande truppslagen.

För att upprätta en lägesbild används sensorer. Dessa kan vara av olika typ, men är oftast baserade på radarteknik. För att kunna genomföra målinmätning används också radarteknik, men på detta område förekommer även optiska system. För att slutligen kunna utföra bekämpning av upptäckta och inmätta mål används olika robot- eller kanonsystem.

En metod att angripa ett luftvärnsskyddat område kan vara genom s k systemmättnad. Detta innebär att stora resurser samlas till ett litet område och inom en kort tidsrymd, allt i syfte att omöjliggöra för luftvärnsenheterna att överblicka situationen och att ingripa mot den.

Alla tekniska system är mer eller mindre känsliga för olika typer av störning och det får anses som normalfall att angripande

<sup>12</sup> *BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva* (2003), Försvarsmakten, M7741-140070

<sup>13</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, s. 9

flygförband utnyttjar flera olika typer av störning för att understödja sina insatser och undgå bekämpning.<sup>14</sup>

Störning kan genomföras aktivt eller passivt och rikta sig mot antingen luftvärnets förmåga att skapa en lägesbild, mäta in mål eller mot vapnets möjligheter att bekämpa målen.

Störning kan också åstadkommas genom att uppträda på ett sätt som stör olika systemfunktioner t ex genom *wild weasel-uppträdande*.

En synnerligen aktiv form av störning är signalsökande attackrobotar (SSARB)<sup>15</sup>. Dessa vapen har målsökare som kan låsa på utsänd signalenergi och är utmärkta att använda för att bekämpa luftvärnets spanings- och eldledningsradarstationer.

Ett annat område där hotbilden är i snabb utveckling är att obemannade luftfarkoster (UAV)<sup>16</sup> blir allt vanligare. Dessa farkoster kan användas som skenmål, för spaning eller till och med som rena stridsplattformar (UCAV).

### 6.1.1 Slutsatser

Luftvärnets stridssituation är mycket komplex. Striden sker mellan system med avsevärt olika prestanda och kraven på att kunna hantera stora mängder information med korta reaktionstider är mycket höga.

## 6.2 Uppgifter

Luftvärnsförband tilldelas *uppgifter* för att avgöra hur de skall utnyttjas inom ramen för högre förbands *uppgifter*.

I "*Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*" framgår följande:

<sup>14</sup> BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva (2003), Försvarmakten, M7741-140070, s. 25

<sup>15</sup> BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva (2003), Försvarmakten, M7741-140070, s. 22

<sup>16</sup> BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva (2003), Försvarmakten, M7741-140070, s. 21

*"Luftvärnets uppgifter kopplas oftast till ett skyddsobjekt. Uppgiftens lösande är direkt kopplat till skyddsobjektets överlevnad eller, i fall då luftvärn används för att försvåra luftlandsättning, motståndarens möjligheter att genomföra avsedd verksamhet."*<sup>17</sup>

Enligt luftvärnsreglementet kan luftvärnsenheter tilldelas *uppgifterna* "nedkämpa" eller "försvåra"<sup>18</sup>. Dessa *uppgifter* anger i första hand ambitionsgraden i *uppgiftens* lösande och säger ingenting om vilka skyddsobjekt som är aktuella. *Uppgifterna* måste därför kompletteras med information om grupperingsområde och skyddsobjekt. Detta skyddsobjekt kan t ex vara en flygbas, ett annat förband, ett befolkningscentra eller en viktig installation eller anläggning.

Förutom den grundläggande uppgiftsställningen kan ordern till ett luftvärnsförband även kompletteras med omfall och riktlinjer.

### 6.2.1 Slutsatser

Det viktigaste i uppgiftsställningen är att konstatera att den *uppgift* som ett luftvärnsförband utför i de allra flesta fall är kopplad till ett skyddsobjekt.

## 6.3 Luftvärnssystem

Dagens svenska luftvärnssystem är alla uppbyggda av delsystem som återfinns i alla luftvärnsförbandstyper. Den viktigaste delkomponenten är enligt många *eldenheten*.

*Eldenheten* är den enhet där verkanssystemet återfinns. Det kan vara ett

<sup>17</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, s. 16

<sup>18</sup> BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva (2003), Försvarmakten, M7741-140070, s. 77

robot- eller kanonsystem. Det är också här det slutgiltiga *beslutet* om insats fattas.

*Underrättelseenheten* har till uppgift att förse en eller flera *eldenheter* med underrättelseunderlag avseende luftläget. *Underrättelseenheten* är utrustad med en spaningsradar. Vid denna enhet sker i de flesta fall målfördelning.

Ovanför *eldenheter* och *underrättelseenheter* återfinns en förbandsledningsfunktion. Denna funktion har oftast till uppgift att ansvara för taktiska *beslut* avseende grupperingsgeometri och övrig förbandsledning.

Luftvärnets organisation och tekniska funktionalitet varierar från system till system. Detta gör att en hotutvärderare måste kunna ta hänsyn till olika systemprestanda och olika systems möjlighet att delge och ta emot information. I vissa fall gör systemuppbyggnaden att skillnader i



Bild 2. Eldenhet RBS 70

stridsteknisk *doktrin* (t ex beslutsnivåer) även kan spåras.



Bild 3. Spaningsradarstation UndE 23

## 6.4 Systemuppbyggnad

### 6.4.1 Grupperingsgeometri

Luftvärnsenheter grupperar i regel för att skydda ett skyddsobjekt (② i bild 4). Exempel på skyddsobjekt är flygbaser, viktiga installationer eller andra förband.

Luftvärnets *eldenheter* (④ i bild 4) grupperas så att troliga inflygningsriktningar kan täckas. Om någon riktning är mer trolig än andra eller om hotet är större i någon riktning läggs grupperingens tyngdpunkt där.

Beroende på vilken räckvidd luftvärnsystemet har placeras *eldenheterna* närmare eller längre ifrån skyddsobjektet. I vissa fall kan flera olika typer av luftvärnsystem blandas inom ramen för samma *uppgift* och på så sätt upprätta flera steg av luftvärnskydd i djupled.

Spaningsradarstationer (③ i bild 4) grupperas, även de, så att troliga inflygningsriktningar kan täckas.

Dessutom tas hänsyn till att radarstationerna skall kunna komplettera varandras *luftlägesbild* och undvika eller undertrycka störning.

Utanför luftvärnsförbandet ingår även luftbevakningens radarstationer (① i bild 4) i det system som utgör underrättelseunderlag för luftvärnet. Dessa radarstationer kan vara fasta, flyttbara eller flygande (PS 890).

#### 6.4.2 Informationssystem

*Luftlägesbilden*, som utgör underlag för beslut om insats med *eldenheter*, byggs upp av information från luftbevakningen i form av LuLIS-information, information från förbandets spaningsradarstationer och eventuella lokalspaningsradarstationer,

eventuell information från andra luftvärnsförband samt målobservation inom det egna förbandet.

Luftbevakningen och LuLIS-informationen omfattar hela lufterummet och varje luftvärnsenhet, såväl *underrättelseenheter* som *eldenheter*, mottar informationen automatiskt via FM-nätet. Informationen presenteras symboliskt på en skärm.

Spaningsradarinformationen finns tillgänglig vid respektive spaningsradar, men kan i vissa systemkonfigurationer överföras i delar eller i sin helhet till *eldenheterna*. Överföringen sker i form av datameddelanden över tillgängliga sambandsmedel och presenteras grafiskt eller i abstrakt form.

Lokalspaningsradarinformation är bara tillgänglig vid den egna enheten.

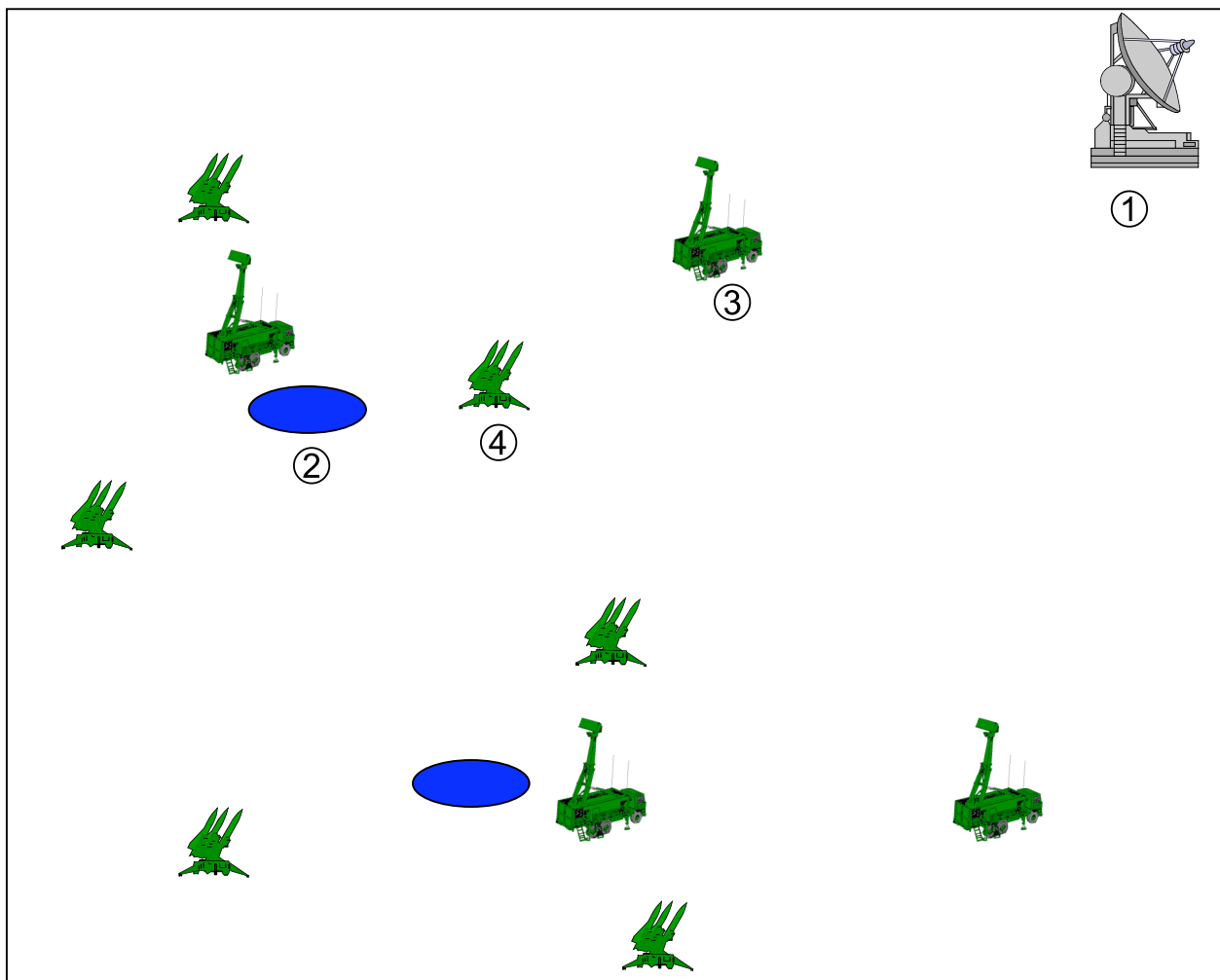


Bild 4. Exempel på en luftvärnsgruppering.

Målobservation utförs manuellt vid de flesta enheter och informationen överförs muntligt eller via DART-meddelanden till övriga enheter.

För att undgå effekter av radarstörning tas hänsyn till radarstationernas inbördes placering och deras placering i förhållande till skyddsobjekt och troliga angreppsriktningar. Under strid kan störning undertryckas genom olika taktiska sändmönster eller tekniska åtgärder vid enskilda radarstationer.

Efter genomförd strid rapporteras uppnådda resultat skriftligt, muntligt eller via data-samband. Underlaget från rapportering används för att planera kommande taktiska och tekniska åtgärder för effekthöjning.

#### 6.4.3 Sambandssystem

För överföring av information inom systemet finns sambandsmedel i form av radio, tråd och fiber att tillgå. Sambandssystemet kan, helt eller delvis, ingå som en part i telesystemet. För överföring av datameddelanden används DART.

#### 6.4.4 Slutsatser

Ett luftvärnsförband är ett system av system där flera olika komponenter måste kopplas samman för att uppnå full systemeffekt. Sambandssystemet är viktigt för att kunna överföra information över stora avstånd.

## 6.5 Doktrin

För att kunna skapa lämpliga *algoritmer* för *hotutvärdering* behöver vi veta vilken *doktrin* som skall ligga till grund för detta.

Vilka *beslut* som skall fattas under genomförande av *stridsledning* vid luftvärnsförband framgår av vad vi kan kalla luftvärnets stridsledningsdoktrin. Denna *doktrin* har presenterats i luftvärnets reglementen och funnits som en allmän kunskap inom luftvärnets utbildningssystem. I vissa avseenden har *doktrinen* styrts av den tekniska utformningen av luftvärnssystemen och i andra av beprövad erfarenhet. Det finns få övriga källor i detta ämne, men till viss del kan utgångspunkt tas i ämnena skjutlära och robotlära.

Luftvärdet är en del av luftförsvaret och sorterar i många länder under flygvapnet. Det svenska luftvärdet tillhör dock armén, även då det gäller de system som i stor utsträckning enbart har uppgifter inom luftförsvaret. Detta gör att det svenska luftförsvaret, åtminstone till del är beroende av armédoktriner. I andra länder återfinns styrande doktriner för luftvärn i flygvapnets doktrinsamling. Med detta är inte sagt att utländska doktriner är mer omfattande och klarläggande när det gäller luftvärnets strid, snarare det motsatta. Både svenska och utländska luftförsvardoktriner berör endast luftvärnsstriden mycket ytligt. Se t ex "*British Air Power Doctrine*"<sup>19</sup>.

Reglementen finns i många utgåvor och på samma sätt som organisationen är i omdaning, är också de reglementariska grunderna under ständig förändring och omstöpning. För att göra det möjligt att föra en diskussion om de *doktrinära*

<sup>19</sup> *British Air Power Doctrine, AP 3000 Third Edition* (1999), Training Group Media Services, HQ PTC, RAF Innsworth

grunderna har reglementet "BrigR A Lvbat rb 90/70M"<sup>20</sup> valts för närmare granskning. Ett annat dokument som gör en ansats att sammanställa och strukturera *doktrinen* är det tidigare nämnda "Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0"<sup>21</sup>.

### 6.5.1 Doktrinen och hotutvärderaren

Den grundläggande *doktrinära* information vi behöver ha fram för att skapa lämpliga *algoritmer* för *hotutvärdering* återfinns till största delen i reglementen och stridstekniska anvisningar.

Utkastet till luftvärnsdoktrin sammanfattar luftvärnets viktigaste syfte som:

*"Luftvärnets strid syftar främst till att försvåra eller omöjliggöra viss fientlig flygverksamhet. Detta kan uppnås genom direkt bekämpning av fiendens luftfarkoster, men också genom att utnyttja luftvärdet så att fienden avstår från att operera i områden eller mot objekt som vi väljer."*<sup>22</sup>

Med "viss fientlig flygverksamhet" får anses menas fientlig verksamhet riktad mot de mål som angetts i luftvärnsförbandets *uppgifter*. Baserat på detta kan vi dra slutsatsen att en hotutvärderare måste optimera insatsen med luftvärnsenheter så att de fientliga företag som utgör det största hotet mot *uppgiftens* lösande bekämpas i första hand. Detta innebär vidare att det är angeläget att *insatsplanera* insatser med luftvärnsenheter så att så stor andel som möjligt av den hotande fiendestyrkan kan bekämpas.

<sup>20</sup> *BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva* (2003), Försvarmakten, M7741-140070

<sup>21</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet

<sup>22</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, s. 11

Utkastet till luftvärnsdoktrin slår vidare fast att:

*"Alla tillfällen till verkan med eldenheter skall utnyttjas."<sup>23</sup>*

Grunden till detta är förstås det faktum att luftvärnsenheter aldrig kan söka upp motståndaren för att uppnå målen med sin strid. Detta innebär att ett av de viktigaste kriterierna för målval är målets bekämpningsbarhet.

Övriga faktorer som styr målvalet kan vara<sup>24</sup>:

- Målens *identitet* (dvs om målen med säkerhet kan identifieras som fientliga)
- Prioriteringar gjorda i flygvapnets stridsledning (dvs prioriteringar gjorda på en högre nivå inom luftförsvaret)
- Målens *klass* (dvs vilken typ av luftfarkost det rör sig om)

### 6.5.2 Hot

En del av *hotutvärderingen* går alltså ut på att avgöra hur stort hot ett visst företag utgör mot luftvärnsenheternas *uppgift*.

Eftersom luftvärnets *uppgifter* i de flesta fall utgörs av att ett eller flera objekt bundna till geografiska platser eller områden som skall skyddas är det relevant att tala om skyddsobjekt.

För att avgöra i hur stor utsträckning ett luftföretag hotar ett skyddsobjekt kan man granska de geometriska förhållandena mellan skyddsobjektet och luftföretaget.<sup>25</sup> Baserat på position, kurs, fart och

prestanda hos flygföretag och dess vapen i förhållande till skyddsobjektet kan man avgöra om något hot föreligger.

Detta innebär att en hotutvärderare behöver kunna prediktera ett flygföretags uppträdande och avgöra om ett angrepp mot skyddsobjektet är möjligt och troligt.

Vissa faktorer kan användas för att helt räkna bort mål ur hotutvärderingsprocessen. Mål identifierade som våra eller civila kan t ex anses inte utgöra något hot alls. I andra fall kan målens *klass* i förhållande till *uppgiften* avgöra graden av hot; transportflygplan kan t ex inte anses utgöra ett lika stort hot mot ett mekaniserat förband som en attackhelikopter gör.

Även motståndarens störförmåga kan tas i beaktande vid hotvärderingen. Flygplan utrustade med störsändare kan t ex värderas upp för att bekämpas före andra och på så sätt höja effekten i följande engagemang.

### 6.5.3 Bekämpningsbarhet

Oaktat vilket hot ett flygföretag utgör är det väsentligt att avgöra om luftvärnsenheterna har någon möjlighet att verka mot dem. Det spelar ju ingen roll om ett mål är aldrig så hotande om luftvärnets systemprestanda eller gruppering ändå gör att målet inte är eller kommer att bli bekämpningsbart.

I vissa fall är det dessutom så att kraven på samordning och säkerhet i luftstriden (dvs att undvika vådabekämpning) gör att vissa mål inte får bekämpas eller ens engageras.

### 6.5.4 Slutsatser

Det föreligger en brist på tydliga och vederlagda *doktriner* för luftvärnets strid.

De viktigaste faktorerna att ta hänsyn till vid *hotutvärdering* är bekämpningsbarhet, geometriska förhållanden mellan fiende och skyddsobjekt (*uppgift*) samt olika

<sup>23</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, s. 12

<sup>24</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, s. 12

<sup>25</sup> Steen, Lennart (2004), *PowerPoint-presentationen LvUndC i UndE23*, EMW 2004-09-13, s. 8

systemprestanda. Även andra faktorer kan tas med, men de är underordnade.

## 6.6 Ett stridsförlopp

Ett vanligt stridsförlopp vid ett grupperat luftvärnsförband kan gå till på ungefär följande sätt:

Luftvärnsförbandet har tilldelats en *uppgift* och genomfört gruppering på ett sätt som skall göra angrepp mot skyddsobjektet (markerat som en blå oval i bild 5) så svårt som möjligt. I grupperingen kan även ingå växelstridsställningar dit *eldenheter* och *underrättelseenheter* kan omgruppera och fortsätta lösa samma *uppgift*.

I vanliga fall upptäcks ett fientligt angreppsföretag först av luftbevakningens

radarstationer (se bild 5). Information om dessa företag sänds ut över LuLIS och tas emot av alla luftvärnsenheter. Av LuLIS-informationen kan framgå bl a företagets position, kurs, fart, *identitet* och *klass*. I många fall sätts störning in i samband med luftstridsinsatser, vilket kan leda till att informationen begränsas. Normalt sett står luftvärnets egna radarstationer tysta i detta skede.

Så snart någon information finns tillgänglig vid luftvärnsförbandet påbörjas processen att identifiera och klassificera målen.

När angreppsföretaget närmar sig luftvärnsförbandets verkansområde och befinner sig inom

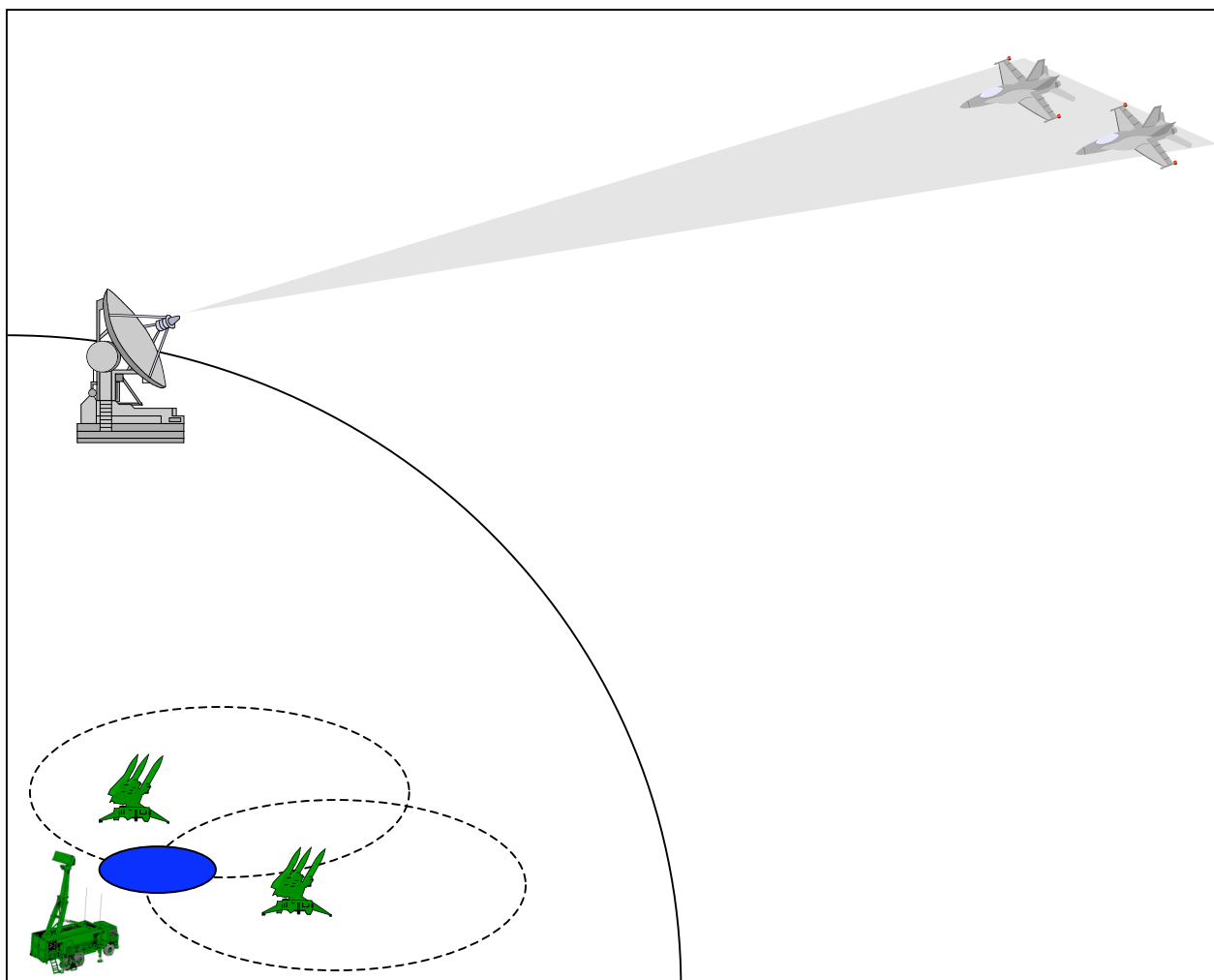


Bild 5. Ett fientligt angreppsföretag upptäcks av en av luftbevakningens radarstationer.

spaningsradarstationernas räckvidd (symboliserad med en heldragen båge i bild 6) kan *beslut* om radarspaning fattas (se bild 6). I vissa fall kan dock LuLIS-informationen eller krysspejling av störare vara tillräcklig för att skapa en god lägesuppfattning.

Luftvärnsförbandets *underrättelseledare* fattar därefter *beslut* om målfördelning och sänder invisning (markerat med en röd, streckad linje i bild 7) till anslutna *eldenheter* (se bild 7).

Det avgörande *beslutet* om att inleda målfångning och följning ligger hos *stridsledaren* på *eldenheten*. Beroende av sådana faktorer som systemfunktion och systemprestanda kan förloppet påbörjas på olika avstånd och beroende av vilken eldtillståndsgrad som råder krävs olika

underlag för att kunna fastställa att målet får bekämpas.

Efter genomförd insats rapporteras resultatet till förbandschefen.

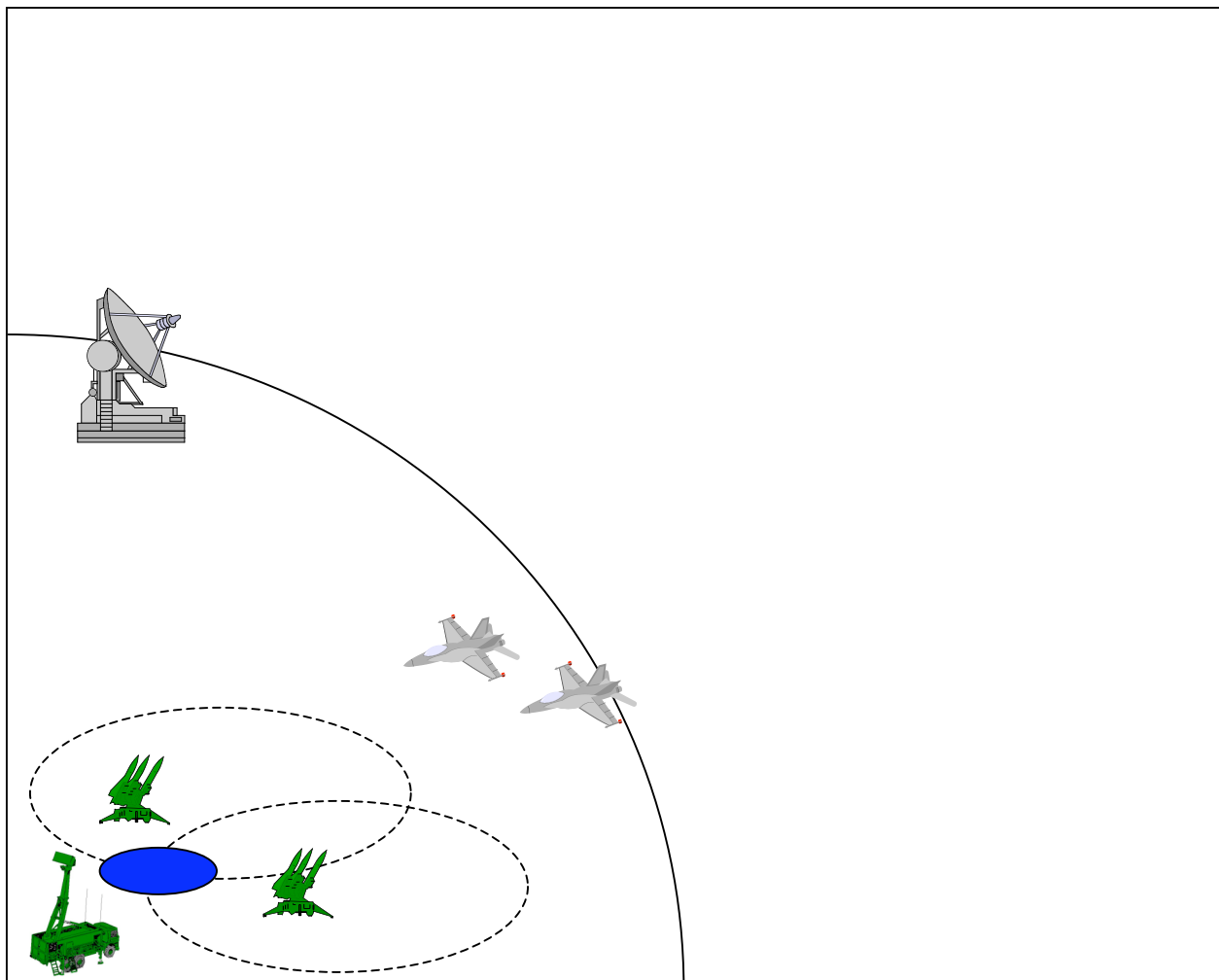
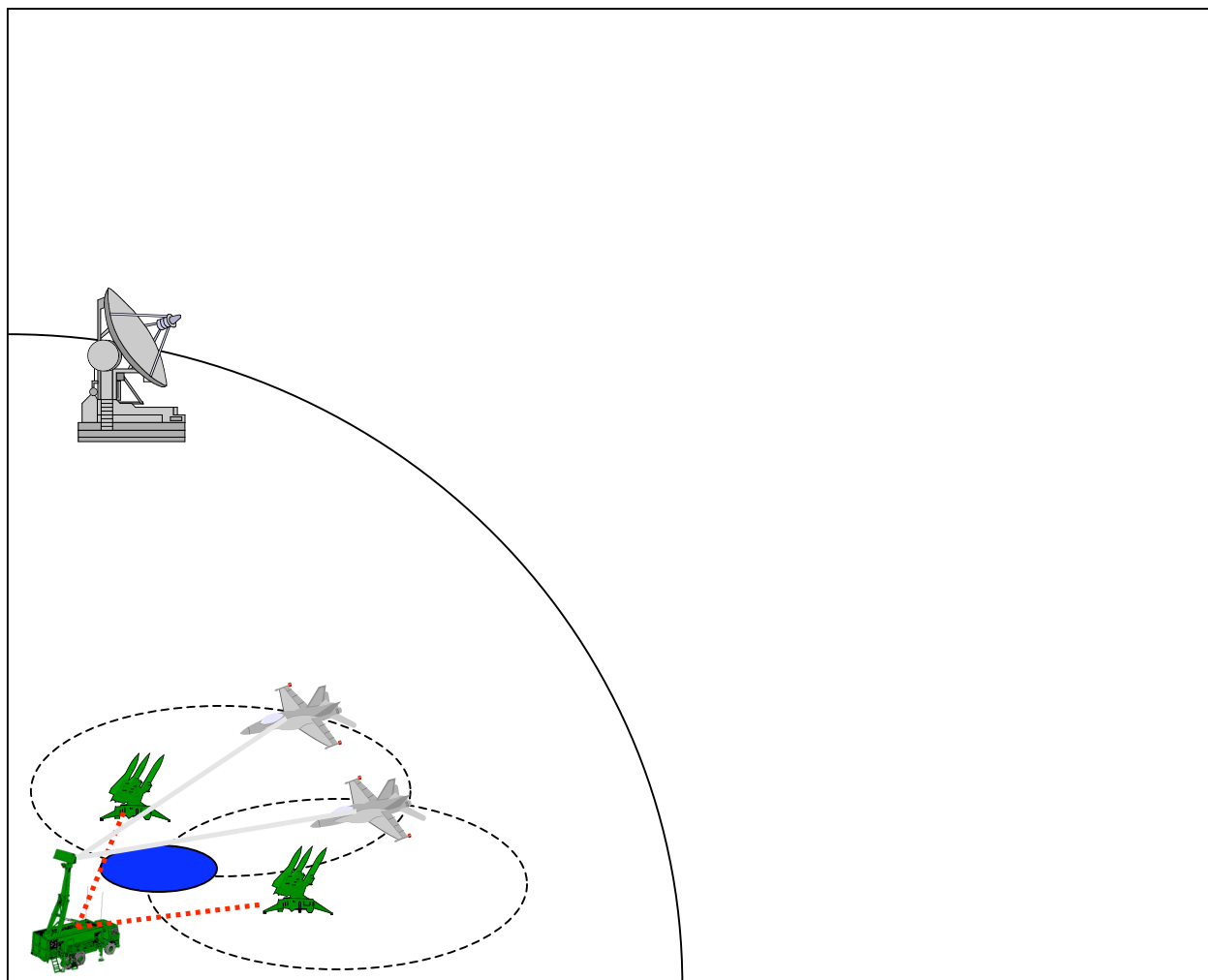


Bild 6. Beslut om radarspaning fattas



*Bild 7. Underrättelseenheten målfördelar och sänder invisning till anslutna eldenheter*

## 6.7 Stridsledning

*Stridsledning* är ett begrepp som används på olika sätt i olika sammanhang i försvarsmakten. I luftvärnet har det sedan mitten av 80-talet använts för att beteckna den beslutsprocess som leds av en *stridsledare*, äger rum vid en *eldenhet* och via identifiering, målval och målföljning leder till bekämpning. I denna uppsats används begreppet i en vidare mening (se definitioner).

Det underlag som används för *stridsledning* kallas ibland underrättelseunderlag och omfattar<sup>26</sup>:

- LuLIS
- Flygbassamverkan
- Radarspaning
- Målobservation
- IK-utrustning
- Information via luftvärnssamordningsnätet

Vid RBS 97 tillkommer även information från lvrbletare.

Inhämtad information kan sammanställas manuellt eller automatiskt och på olika nivåer beroende av vilka system som används. UndE 23 har förmåga att sammanställa information från flera källor, PS 90 har det inte.

Sammanställd information presenteras för en *underrättelse-* eller *stridsledare* på kompani- eller bataljonsnivå (beroende av system). *Underrättelse-* eller *stridsledaren* värderar informationen baserat på gällande reglementariska *doktriner* och givna, uppgiftsspecifika order och riktlinjer. Både PS 90 och UndE 23 kan stödja *underrättelseledaren* genom att utifrån sina hotutvärderingsalgoritmer presentera ett förslag till vilka mål som utgör störst hot mot gällande *uppgift*. *Underrättelseledaren*

fattar *beslut* om målfördelning och skickar målinvisning till anslutna *eldenheter*.

Efter insats med *eldenhet* genomförs lvrapporering i syfte att kunna analysera stridsresultaten och göra lämpliga förändringar av gruppering, taktik eller stridsteknik.

*Beslut* om omgruppering av *eldenheter* och *undenheter* fattas på olika nivåer beroende av vilket system det handlar om. I regel måste beslutande chef ha flera enheter att tillgå så att lösandet av *uppgiften* kan fortsätta medan omgruppering av någon eller några enheter sker. Traditionellt sett innehåller luftvärnsförbanden för få enheter för att detta skall kunna genomföras med någon funktionssäkerhet.

*Stridsledning* av radarstationer genomförs på ett liknande sätt som den för *eldenheter*, men det reglementariska underlaget är inte lika tydligt.

### 6.7.1 Slutsatser

*Stridsledaren* har ett omfattande underlag att ta hänsyn till vid genomförande av *stridsledning*. Delar av de *doktrinära* grunderna är oklara. Behovet av beslutsstöd är stort.

## 6.8 Hotutvärdering

Syftet med en hotutvärderare är att bistå en operatör med att sortera information om angripare och egna enheter så att egna resurser sätts in med optimal effekt.

Det finns flera områden i luftvärnets strid där automatisk *hotutvärdering* kan vara användbar:

- Vid utgångsgruppering av enheter och för att avgöra om omgruppering är lämplig.
- Då fientliga angrepp genomförs mot skyddsobjekt eller egna enheter.
- Då fientliga störresurser sätts in mot egna radarstationer.

<sup>26</sup> *BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva* (2003), Försvarsmakten, M7741-140070, s. 89

Tidigare har denna sortering utförts helt manuellt. En *stridsledare* övervakade en lägesbild och avgjorde vilka mål som utgjorde det största hotet mot tilldelade skyddsobjekt. Därefter valde *stridsledaren* ut vilka egna enheter som var lämpliga att använda för att bekämpa målen. *Stridsledarens beslut* baserades på skriftliga instruktioner, antingen grundläggande reglementariska eller tillfälliga instruktioner givna inom ramen för aktuell *uppgift*.

Man kan säga att *stridsledarens beslut* grundades på gällande *doktrin*.

Ett problem med manuell *hotutvärdering* är att när situationen blir allt för komplex (t ex pga att många mål uppträder samtidigt - systemmättnad) blir det svårt för människan att tillämpa *doktrinen* på alla mål. En fördel är dock att människan omedelbart kan anpassa *doktrinen* till situationer som inte kunnat förutses.

I dagens system kan lägesinformation automatbehandlas. Om systemet dessutom programmerats med gällande *doktrin* kan det även användas för att utföra de uppgifter som tidigare sköttes av *stridsledaren*.

### 6.8.1 Sårbarheter

Användandet av en automatisk hotutvärderare med förprogrammerade *algoritmer* ger förstås upphov till vissa risker. Om *algoritmerna* är kända för motståndaren kan man t ex tänka sig att man kan använda angreppsmönster som utnyttjar svagheter i *algoritmerna* och därför ger upphov till minskad effekt. Denna fara måste tas i beaktande vid utformning av *algoritmerna*, men måste också vägas mot de fördelar som uppstår vid automatisk *hotutvärdering*.

### 6.8.2 Slutsatser

Automatisk *hotutvärdering* har många fördelar jämfört med tidigare manuell hantering. Det finns dock riskområden som måste beaktas vid utformningen.

## 7. Analys

För att kunna genomföra en analys av olika metoder för *hotutvärdering* byggs inledningsvis i detta kapitel teoretiska hotutvärderare upp enligt olika matematiska principer.

Därefter kommer dessa enkla hotutvärderingsalgoritmer sättas in i olika scenarier där resultaten av *hotutvärderingen* kan granskas för att slutligen hitta förtjänster eller eventuella brister hos metoderna.

### 7.1 Metoder för hotutvärdering

Hotutvärderarens uppgift är att värdera vilka mål som utgör det största hotet mot *uppgiftens* lösande, dock måste även hänsyn tas till de egna verkansmöjligheterna (se 6.5.1 Doktrinen och hotutvärderaren ovan) eftersom det inte tjänar något till att känna till att ett mål är hotande när man ändå inte kan påverka det.

Kopplat till hotutvärderaren har vissa system även en insatsplanerare<sup>27</sup>. *Insatsplaneringen* har till uppgift att fördela hotande mål till egna eldenheter på ett sådant sätt att bästa effekt uppstår. Hänsyn tas till hotbild, systemprestanda och tidsfaktorer. Denna funktion behandlas inte vidare i uppsatsen (se avgränsningar).

En hotutvärderare måste följa gällande *doktriner* (se 6.5 Doktrin ovan). I de fall den tar hänsyn till förinställda variabler måste den kunna ställas in av den personal som är satt att använda den (se 7.1.1 Parametrar nedan). För att undgå riskerna med suboptimering måste funktionaliteten kunna anpassas till ny taktik (se 6.8.1 Sårbarheter ovan).

#### 7.1.1 Parametrar

Hotutvärderingsprocessen bör allmänt kunna ta hänsyn till ett antal parametrar. Av dessa parametrar är vissa mer tongivande för slutresultatet än andra. Givetvis styrs parametervärdet även av vad som är möjligt att mäta eller mata in i systemet. I många fall kan även mätnoggrannheten vara en faktor.

Enligt tidigare slutsatser skall sannolikheterna för angrepp och bekämpning främst beräknas baserat på geometrin<sup>28</sup> (se även 6.5.2 Hot ovan).

#### Uppgift

Luftvärnsenheternas *uppgift* är en grundförutsättning för *hotutvärderingen* och styr andra parametrar. Av *uppgiften* framgår vilket eller vilka skyddsobjekt som skall skyddas. Vidare framgår skyddsobjektens geografiska placering, utsträckning och beskaffenhet samt deras inbördes prioritering. Kopplat till skyddsobjektens beskaffenhet är det möjligt att avgöra vilka målklasser (se nedan) som är mer eller mindre hotande mot skyddsobjektet.

Detta är ett område där systemoperatörerna måste kunna variera och ställa in lämpliga parametrar i systemet. Stora vinster avseende förståelse går att göra om parametrarna har samma värden som de order och riktlinjer som operatörerna tagit emot. Detta är viktigt på flera plan; operatören måste kunna vara säker på att systemet följer de *doktriner* och regler som han förväntar sig, annars riskerar man suboptimering eller direkt feluppträdande. Vidare måste parameterinställningen vara så överskådlig och lättförståelig att delparametrarna inte påverkar varandra på ett oförutsägbart sätt (detta resonemang

<sup>27</sup> Steen, Lennart (2004), *PowerPoint-presentationen LvUndC i UndE23*, EMW 2004-09-13

<sup>28</sup> Steen, Lennart (2004), *PowerPoint-presentationen LvUndC i UndE23*, EMW 2004-09-13, s. 8

utvecklas vidare bl a under 7.4 Luddig logik nedan).

### Målposition

Målets position, kurs och fart är helt avgörande parametrar i hotbedömningen. Målets position kan vara känt i en (bäring eller avstånd), två (bäring och avstånd) eller tre (bäring, avstånd och höjd) dimensioner, beroende av vilken typ av system som mätt in det.

### Predikterat måluppträdande

Baserat på information om målposition kan en troligen prediktering om målets uppträdande i den närmaste framtiden göras. Denna prediktering är ett viktigt ingångsvärde eftersom det ger en möjlighet att bedöma hur hotande målet kommer att bli. Beroende av vilken information som är känd om målet kan även målklass (se nedan) och måltyp (se nedan) tas med i predikteringen. Eftersom ett flygföretag har goda möjligheter att manövrera inom en stor volym på kort tid kan alla former av prediktering endast vara högst ungefärliga. Predikteringen blir dessutom mer inexakt ju längre från målets nuvarande position den syftar. En prediktering av målets prestanda kan kopplas till direkta mätningar av uppvisad prestanda och/eller till kända prestanda för aktuell målklass och typ.

### Målets identitet

Identifiering av mål syftar i första hand till att uppnå samordning mellan luftvärn och våra flygstridskrafter samt att undvika vådabekämpning. Målets *identitet* anges med begrepp som t ex "fientligt" eller "vårt"<sup>29</sup>. Kopplat till luftvärnsenheternas eldtillståndsgrader avgör *identiteten* vilka företag som får bekämpas. I hotutvärderaren kan mål som inte får bekämpas omedelbart sorteras bort som "icke hotande".

<sup>29</sup> *BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva* (2003), Försvarmakten, M7741-140070, s. 93

### Målets klass

Endast vissa av de nuvarande luftvärnssystemen kan hantera information om *klass*. Tänkbara *klasser* är t ex attack, helikopter, störare, transport, UAV eller vapen<sup>30</sup>. Målets *klass* kan användas för att avgöra vilket hot det utgör i förhållande till skyddsobjektens beskaffenhet. Baserat på *klass* kan systemet även ta ställning till vilka vapen målet kan medföra. *Klassen* kan även ligga till grund för att bedöma målets prestanda.

### Egna enheters position och prestanda

Möjligheten att verka mot målet är kanske den allra viktigaste faktorn i *hotutvärderingen* (se 6.5.3 Bekämpningsbarhet ovan) och avgörs av geometriska förhållanden mellan *eldenheter* och mål samt av egna vapenprestanda och målets prestanda. Egen systemprestanda kan åskådliggöras med verkansdiagram<sup>31</sup> (se bild 8 a och b). Av verkansdiagrammet kan man utläsa sannolikhet för nedskjutning beroende av de geometriska förhållandena mellan *eldenhet* och mål, målets kurs och fart samt *eldenhetens* prestanda. I bild 8 a och b visas ett förenklat exempel på ett verkansdiagram för två teoretiska luftvärnssystem med olika prestanda. Notera att om målets kurs i förhållande till *eldenheten* förändras, måste även verkansdiagrammet förändras (se bild 8 b). Verkansdiagrammen i exemplet tar bara hänsyn till två dimensioner och en målfart; andra diagram måste upprättas för andra flyghöjder och andra målfarter. Kompletta verkansdiagram för verkliga luftvärnssystem är hemliga.

<sup>30</sup> Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, s. 13

<sup>31</sup> *Skjutlära för luftvärnet* (1990), Försvarsmedia, M 7742-146001, s. 165

### Övriga parametrar

Meteorologiska förhållanden kan påverka möjligheterna att verka och bör därför tas hänsyn till.

Som en vidareutveckling av *klass* kan man även tänka sig att ta in information om faktisk måltyp (t ex F16 eller Mig 29). Dagens system har inte möjlighet att hantera denna information. Om den exakta typen är känd kan man ur en databas hämta exakt information om målets prestanda, vilket sedan kan ligga till grund för t ex prediktering.

### 7.1.2 Hantering av osäkerheter

Det finns tre typer av osäkerheter som en hotutvärderare bör kunna hantera. Dels bör den kunna ta hänsyn till osäkerheter i mätunderlag baserat på mätnoggrannhet, dels osäkerheter baserade på att informationsunderlaget är ofullständigt samt dels osäkra parametrar.

När det gäller mätnoggrannhet påverkas denna av de tekniska specifikationerna på de system som lämnar informationsunderlag medan ett ofullständigt informationsunderlag kan bero på att ingen eller endast vissa parametrar kunnat mätas.

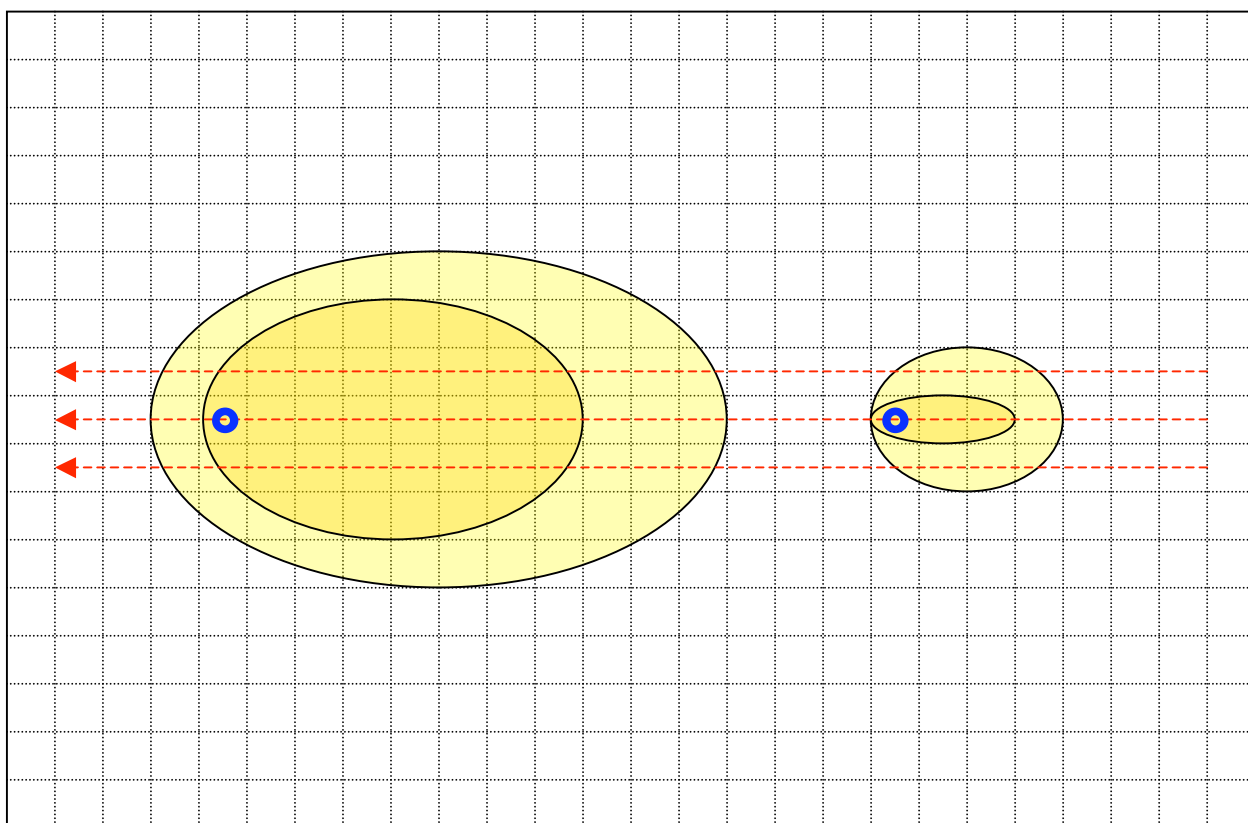
Även parameterintervall kan ge upphov till osäkerheter. Detta är, som nämnts tidigare, främst en fara om systemet är oöverskådligt eller om det lämnar upp till systemoperatören att omforma givna order och riktlinjer till inställningar som i sig inte "matchar" *doktrinen*.

I de två första fallen bör hotutvärderaren utgå ifrån "värsta" scenario eller värdera sannolikheten för ett visst scenario. I det senare fallet är lösningen att systemet utformas och anpassas så att det följer gällande *doktrin* och är enkelt att använda.

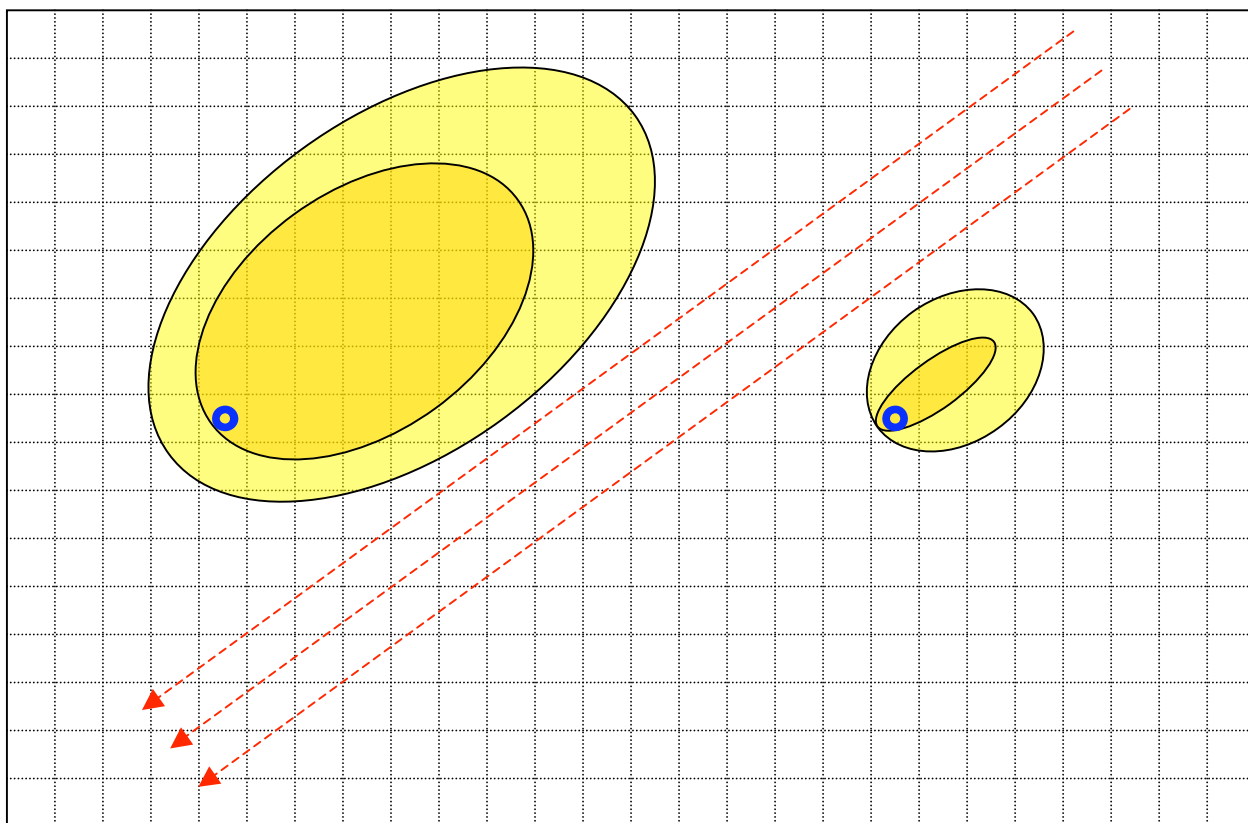
### 7.1.3 Slutsatser

En hotutvärderare kan ta hänsyn till en lång rad parametrar, många fler än vad en mänsklig operatör hinner med. Dessa parametrar har alla olika påverkan på kvalitén i värderingen och deras prioritering i hotutvärderingsalgoritmen måste följa gällande *doktrin*.

I de fall mänskliga operatörer skall ställa in parametrar i *algoritmen* är det en fördel om de är lätta att relatera till taktiska *uppgifter* och riktlinjer.



*Bild 8a och b. Verkansdiagram*



## 7.2 Matematiska metoder

Vi har nu kunnat konstatera att det problem hotutvärderaren skall lösa består i att, utifrån ett antal inbördes prioriterade parametrar, sortera ett antal angripande mål i förhållande till hur stort hot de utgör mot lösandet av angiven uppgift (se 6.8 Hotutvärdering ovan).

En beslutsfattande *algoritm* för att lösa detta problem består, i sin enklaste form, av ett eller flera logiska villkor som leder fram till en sorteringsordning. Det finns egentligen ingen begränsning för hur många olika matematiska metoder för att lösa detta problem som går att skapa. För att hitta en angreppsvinkel har jag här begränsat mig till att undersöka tre olika metoder som har använts eller skulle kunna användas. Valet av metoder baseras på de metoder som framgått av litteraturen angiven i avsnitt 5 Tidigare forskning ovan.

### 7.2.1 "Fuzzy logic", luddig logik

*Hotutvärdering* i luftvärnets senaste underrättelsestationer (men även i den äldre spaningsradarstationen av typ PS 90) baseras på något som kallas "*fuzzy logic*"<sup>32</sup>. I denna text har jag valt att hädanefter nyttja uttrycket "luddig logik" för att beteckna detta engelska begrepp.

Luddig logik innebär att sanningshalten i ett logiskt uttryck inte bara kan anta värdena "0" eller "1", utan tillåts variera hela vägen från "0" till "1", inklusive.<sup>33</sup>

I övrigt kan samma typ av konnektiver som vid klassisk logik användas för att bygga upp mer komplicerade samband.

Exempel: Regn kan graderas på en skala från 0 till 1, där 0 motsvarar uppehåll, medan 1 är maximal nederbörd. Om det regnar till en viss grad blir man blöt till en grad som motsvarar den grad det regnar.

### 7.2.2 Logik

En metod som man intuitivt kan anta skulle vara användbar för lösandet av angivna problem är klassisk logik. Det enda exempel på denna användning i svenska luftvärnsystem är hotutvärderaren som återfanns i CIG 790 (se 5. Tidigare forskning ovan).

I logiken byggs samband upp av argument på formen: "Om A så B", "A, alltså B". Dessa samband kan göras mer komplexa genom att införa andra konnektiver som t ex "inte", "och" och "eller". Med hjälp av denna syntax kan man sedan bygga komplicerade *algoritmer*.<sup>34</sup>

Sanningsvärdet i en logisk sats är alltid "1" eller "0", dvs satsen är antingen sann eller falsk, det finns inga mellanting.

Exempel: Om det regnar blir man blöt. Det regnar. Alltså blir man blöt.

### 7.2.3 Bayesianiska nätverk

Den tredje metoden som kan vara tillämpbar för att lösa uppställt problem är en metod som kallas Bayesianiska nätverk<sup>35</sup>. Denna metod har förvisso inte tidigare använts i luftvärnets system, men förefaller vara relevant i sammanhanget.

<sup>32</sup> Steen, Lennart (2004), *PowerPoint-presentationen LvUndC i UndE23*, EMW 2004-09-13, s. 8

<sup>33</sup> Buckley, James J och Esfandiar Eslami (2002), *An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*, Physica Verlag, ISBN 3-7908-1447-4

<sup>34</sup> Bennet, Christian (2004), *Första ordningens logik*, Studentlitteratur, ISBN 91-44-03453-9

<sup>35</sup> Brynielsson, Joel och Stefan Arnborg (icke angivet utgivningsår), *Bayesian Games for Threat Prediction and Situation Analysis*, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Royal Institute of Technology

Ett Bayesianiskt nätverk byggs upp av ett sannolikhetsträd. Trädets grenar representerar olika möjliga händelseutvecklingar med korresponderande sannolikheter.<sup>36</sup>

Exempel: Se bild 9. Om man befinner sig ute är sannolikheten i detta fall att det börjar regna 0,2. Sannolikheten att det inte börjar regna är då 0,8. Om det börjar regna är sannolikheten att det börjar åska 0,1. Med hjälp av detta diagram kan man räkna ut sannolikheten för att det fortsätter vara fint väder ute (0,8), att det bara regnar (0,2 x 0,9 = 0,18) samt att det regnar och åskar (0,2 x 0,1 = 0,02).

#### 7.2.4 Andra metoder

Som tidigare noterats finns det ett oändligt antal sätt att bygga upp en hotutvärderare. Några andra metoder som framskyntat i litteraturen, men som inte bedömts vara lika intressanta för våra ändamål är neurala nätverk och funktionsnätverk.

### 7.3 Scenario

För att kunna testa de olika hotutvärderingsmetoderna presenteras här tre stycken teoretiska scenarier baserade på situationer som är troliga utifrån hotbilden (se 6.1 Hotbild ovan).

För att göra möjligheterna till analys så goda som möjligt och erbjuda läsaren överblick används teoretiska storleksförhållanden i scenarierna. En "ruta" på scenariekartan motsvarar ungefär 2 km i verkligheten och en "tidsenhet" motsvarar ungefär 6 s verklig tid.

Det grundläggande scenariet består av en situation där en teoretisk luftvärnsenhet har till uppgift att skydda tre skyddsobjekt med

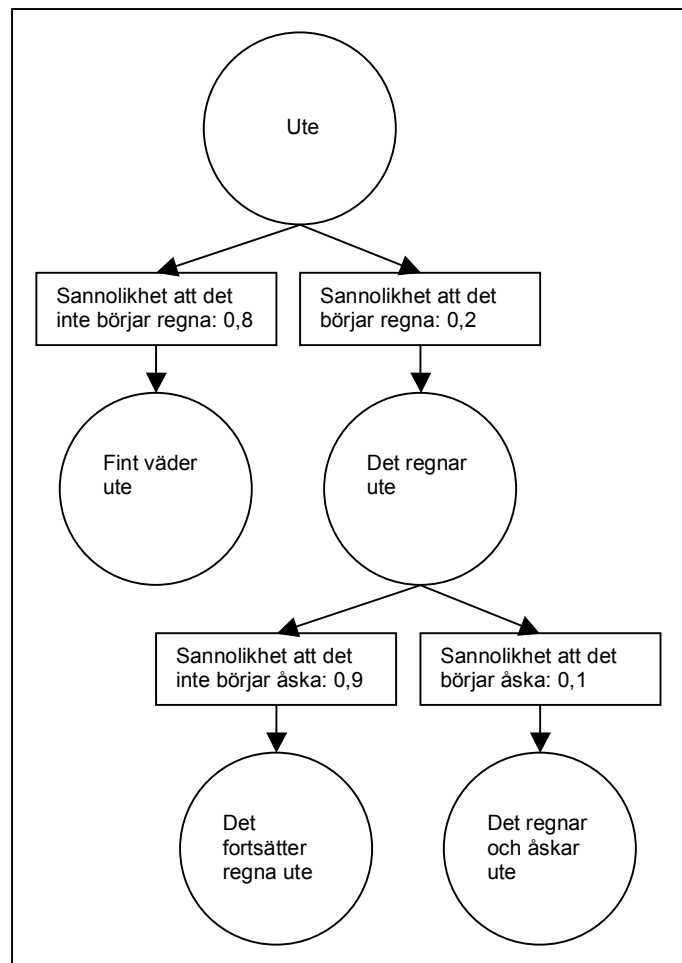


Bild 9. Exempel på ett Bayesianiskt nätverk

olika skyddsvärde (se bild 11). Skyddsobjekten angrips därefter i olika kombinationer av en teoretisk motståndare.

Skyddsobjekt A är det mest skyddsvärda objektet. Skyddsobjekt B har ett lägre skyddsvärde. Eldenheten själv utgör skyddsobjekt C och har det lägsta skyddsvärdet i scenariet.

#### 7.3.1 Teoretiskt luftvärnssystem

För våra syften väljer vi att skapa ett teoretiskt luftvärnssystem med medellång räckvidd (10 rutor). Systemet är ett robotsystem med robotar som har en hastighet av 2 rutor/tidsenhet. En tidsenhet åtgår från det att målet anvisas till det att fångning och följning är etablerad och robot kan avfyra. Systemet kan endast ha en robot i luften åt gången och denna robot

<sup>36</sup> Murphy, Kevin (1998), *A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks*, hämtat från <<http://www.cs.ubc.ca/~murphyk/Bayes/bayes.html>> 2005-07-07

måste avsluta sitt bekämpningsförlopp innan nästa förlopp kan startas.

Systemets verkansdiagram framgår av bild 10. Detta verkansdiagram är starkt förenklat i förhållande till verkliga diagram, men tillräckligt detaljerat för våra syften. Verkansdiagrammet utvisar att mål som engageras då de befinner sig i den gula delen av området bekämpas med en sannolikhet på 0,5, medan mål som engageras i den orange delen bekämpas med en sannolikhet av 0,9.

Systemets tillgängliga luftlägesinformation förutsetts vara aktuell och korrekt.

### 7.3.2 Teoretisk motståndare

Den teoretiska motståndaren förfogar över flygplan med en hastighet på 1 ruta/tidsenhet, en vapenräckvidd på 6 rutor och en vapenhastighet på 3 rutor/tidsenhet. Angriparens flygplan måste ligga på raktbana på ett avstånd av 10 rutor från sitt mål och fram till vapnet träffar.

Träffsannolikhet för vapnen antas vara 0,5 om de avfyras under dessa premisser.

### 7.3.3 Teoretisk hotutvärderare

Hotutvärderarna skall byggas upp så att bekämpningsbara mål som hotar skyddsobjekten (i angiven prioritetsordning) skall bekämpas i första hand.

I systemets hotutvärderare väljer vi därför att ta hänsyn till följande parametrar:

- Eldenhetens grupperingsplats i förhållande till skyddsobjekten.
- Ett förenklat verkansdiagram som ger information om målens bekämpningsbarhet.
- Skyddsobjektens placering och prioritering.
- Vilket hot målet utgör mot skyddsobjekten A, B och C.
- Angriparens position, kurs och fart i två dimensioner.

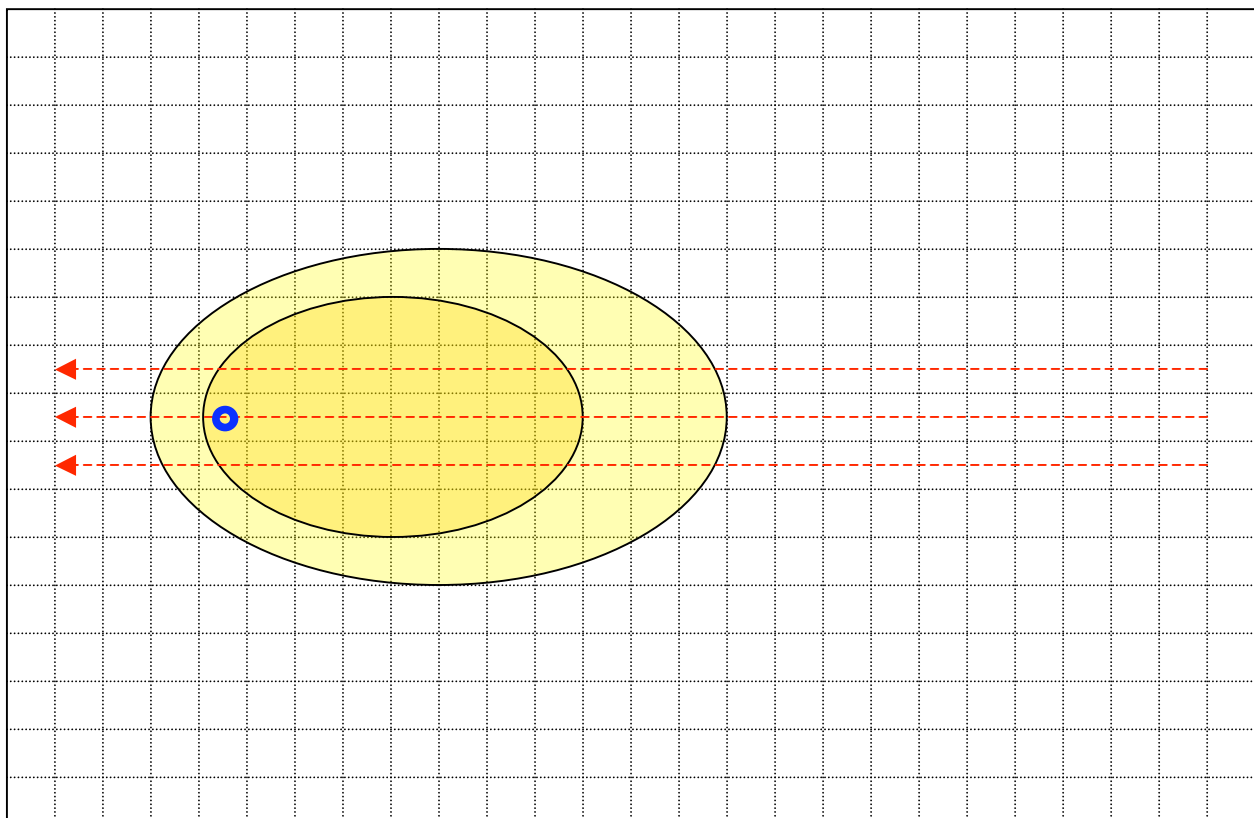


Bild 10. Verkansdiagram för teoretiskt luftvärnsystem

Parametrarna skall värderas enligt doktrinen för stridsledning och de förutsättningar som angetts i uppgiften till förbandet.

Endast en enkel prediktering där angriparen förutsätts gå på rakkana under hela förloppet genomförs.

Graden av hot mot skyddsobjektet värderas utifrån om motståndarens predikterade kurs passerar inom skyddsobjektets ruta eller i nära anslutning därtill och hur långt ifrån skyddsobjektet motståndaren befinner sig.

Detaljerade *algoritmer* för de olika typerna av hotutvärderare utformas i respektive avsnitt nedan.

#### 7.3.4 Fall I

Fall I utformas för att ge en indikation på vad "systemmättnad" (se 6.1 Hotbild) kan innebära för hotutvärderingen. För att inte

göra situationen svåröverblickbar utgörs "systemmättnaden" här endast av två angripande luftfarkoster.

I fall I anflyger de angripande luftfarkosterna mot skyddsobjekt B från olika håll.

Angriparna upptäcks tidigt (utanför verkansdiagrammet) och anflyger på ett sådant sätt att de passerar skyddsobjektet samtidigt.

Verkansdiagrammet förskjuts som utvisas i bild 11 då angreppsvinkeln ändras.

Enligt doktrinen bör mål x prioriteras högst, eftersom sannolikheten att nedkämpa det är störst.

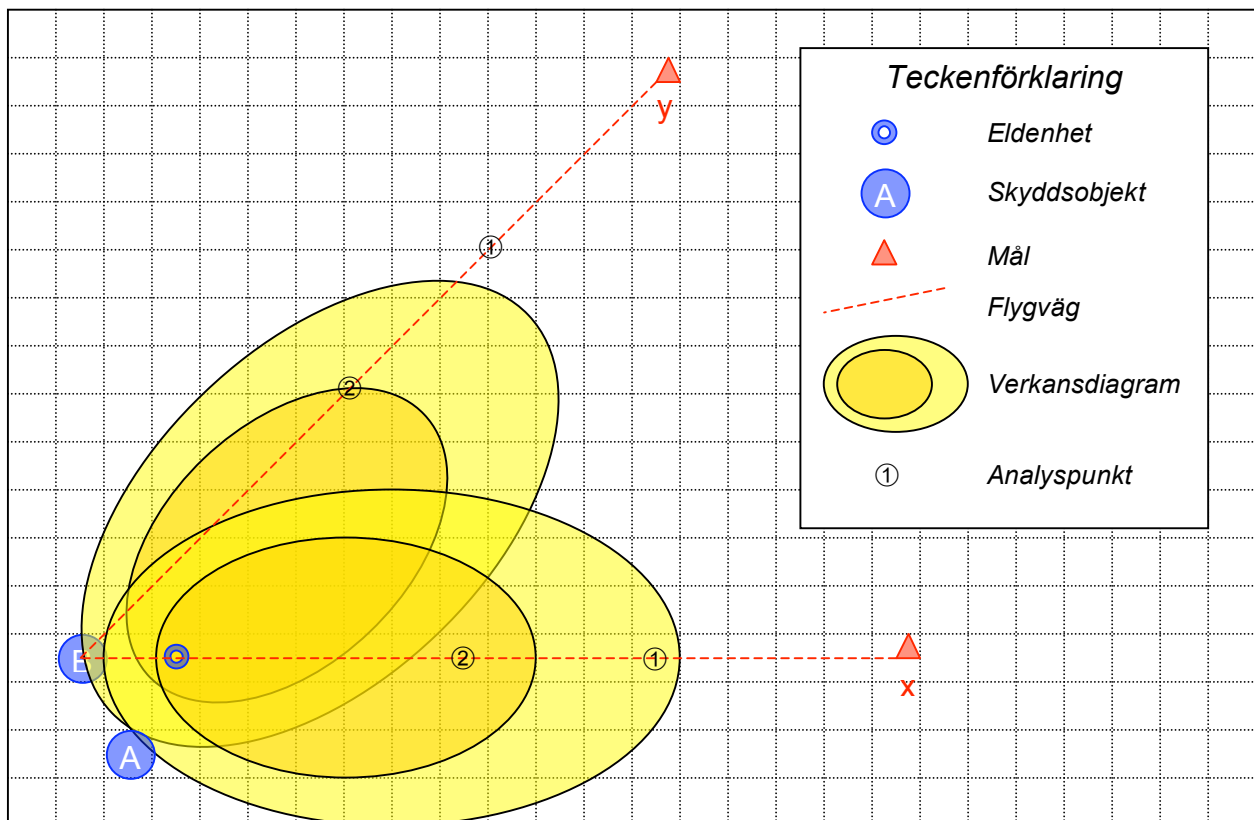


Bild 11. Fall I

### 7.3.5 Fall II

Fall II utformas för att ge en indikation på vad "systemmättnad" (se 6.1 Hotbild) i kombination med begränsade upptäcktsavstånd (se 6.1 Hotbild) kan innebära för hotutvärderingen. Fall II tar även upp hur processen påverkas av att flera skyddsobjekt angrips samtidigt. För att inte göra situationen svåröverblickbar utgörs "systemmättnaden" fortfarande endast av två angripande luftfarkoster.

I fall II angriper olika angripare skyddsobjekten A och B från olika riktningar.

Angriparna upptäcks sent (innanför verkansdiagrammet) och anflyger så att de når respektive skyddsobjekt samtidigt.

Enligt *doktrinen* bör mål x prioriteras eftersom det hotar det viktigaste skyddsobjektet.

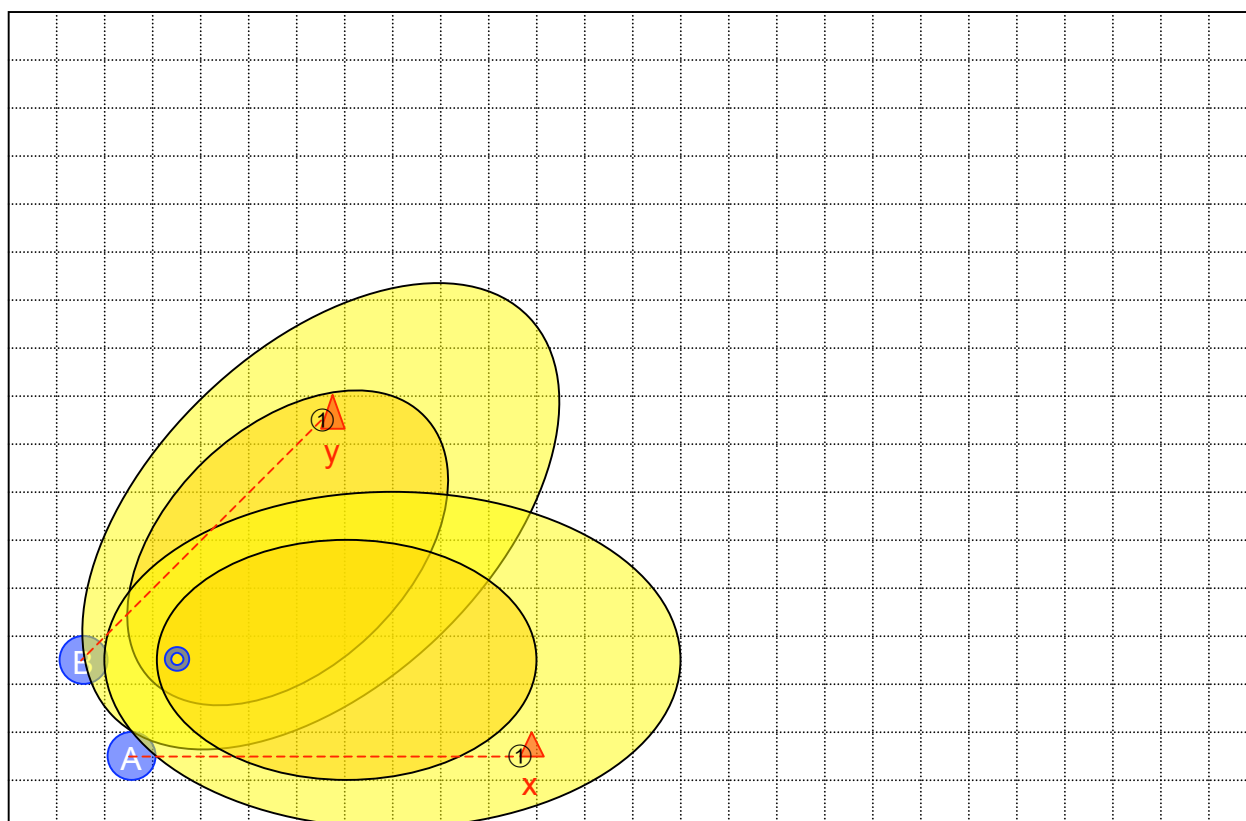


Bild 12. Fall II

### 7.3.6 Fall III

Även fall III utformas för att ge en indikation på vad "systemmättnad" (se 6.1 Hotbild) i kombination med begränsade upptäcktsavstånd (se 6.1 Hotbild) kan innebära för hotutvärderingen. Här tas även verkan av *wild weasel-uppträdande* (se 6.1 Hotbild) upp. För att inte göra situationen svåröverblickbar utgörs "systemmättnaden" fortfarande endast av två angripande luftfarkoster.

I fall III angrips skyddsobjekt B samtidigt som ett annat angripande företag används för att avleda *eldenhetens* uppmärksamhet (s k *wild weasel-uppträdande*).

De båda angripande företagen upptäcks samtidigt och sent (innanför verkansdiagrammet).

Enligt *doktrinen* bör mål x prioriteras, eftersom det hotar skyddsobjekten. Om mål y hamnar överst på listan har motståndaren lyckats "lura" vårt system.

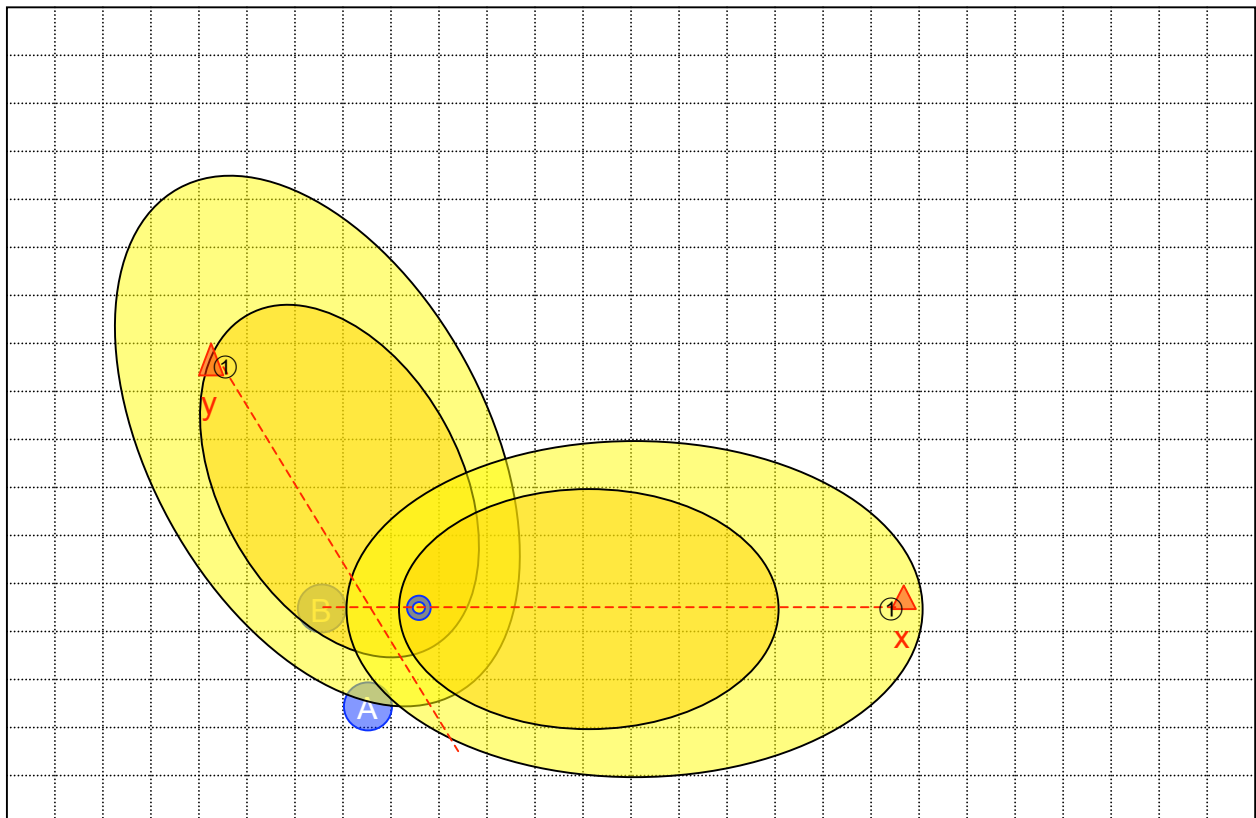


Bild 13. Fall III

## 7.4 Luddig logik

För att ta hänsyn till de angivna parametrarna (se 7.3.3 ovan) utformas hotutvärderaren baserad på luddig logik enligt följande:

Till vilken grad är målet bekämpningsbart?

Detta är det viktigaste kriteriet och används direkt som en faktor i hela hotvärdet. Denna parameter ( $bb$ ) baseras på verkansdiagrammet och kan därför anta värdena 0, 0,5 eller 0,9.

Hur stort hot utgör företaget mot skyddsobjekten?

Separata hotvärden ansätts för varje skyddsobjekt ( $A_h$ ,  $B_h$  resp  $C_h$ ). Ett företag tilldelas hotvärdet 1 om det passerar genom skyddsobjektets ruta, 0,5 om det passerar inom en rutas avstånd och 0,25 om det passerar utanför en, men inom två rutors avstånd, annars 0.

Vart och ett av skyddsobjekten ges dessutom en faktor för att avgöra hur viktigt det är för hela hotbilden.

Tilldelningen av dessa faktorer är svår att hitta en grund för i *doktrinen*. Ingenstans kan vi återfinna en diskussion om hur olika skyddsobjekt skall graderas i förhållande till varandra. Som vi skall se av de kommande beräkningarna kommer dessa faktorer att ha stor inverkan på hur målen prioriteras. Om faktorerna lämnas åt systemoperatören att hantera kan de bli utslagsgivande för hotutvärderingen. Detta innebär att operatören måste ha mycket god inblick i hur hotutvärderingsalgoritmen är uppbyggd för att inte förskjuta beräkningen i någon oväntad riktning (se även 7.1.1 Parametrar ovan). I vår algoritm nedan har vi valt att sätta dessa parametrar intuitivt och utan alltför stor variation.

Skyddsobjekt A är det viktigaste skyddsobjektet och får därför faktorn 4.

Skyddsobjekt B bedöms ha halva skyddsvärdet och ges faktorn 2.

Skyddsobjekt C bedöms ha minst skyddsvärde och ges faktorn 1.

Till sist summeras hotet från varje mål enligt formeln:

$$bb \times (A_h \times 4 + B_h \times 2 + C_h \times 1)$$

och målen sorteras till slut efter grad av hot.

Notera att dessa funktioner inte är helt "luddiga", eftersom de inte kan anta vilket värde som helst mellan 0 och 1. För att exemplen nedan skall bli någorlunda enkla och överskådliga får vi dock anse att detta är tillräckligt "luddigt".

Notera även att det är möjligt att normera algoritmen till ett värde mellan 0 och 1, men att så inte gjorts här. Detta i syfte att hålla formeln så enkel och överskådlig som möjligt.

### 7.4.1 Fall I

Om vi tillämpar kriterierna i pt 1 får vi följande resultat:

I vilken grad är företagen bekämpningsbara?

Mål x tilldelas ett värde på 0,5.  
Mål y tilldelas ett värde på 0.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt A?

Mål x tilldelas ett värde på 0,25.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,25.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt B?

Mål x tilldelas ett värde på 1.  
Mål y tilldelas ett värde på 1.

Hur stort hot utgör företagen mot  
skyddsobjekt B?

Mål x tilldelas ett värde på 1.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,5.

De totala hotvärdena blir:

Mål x:

$$0,5 \times (0,25 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1) = 2$$

Mål y:

$$0 \times (0,25 \times 4 + 1 \times 2 + 0,5 \times 1) = 0$$

Mål x väljs som mål.

Målfångning och följning tar en tidsenhet.  
Roboten rör sig därefter två rutor per  
tidsenhet. Detta innebär att mål x, med 0,5  
i sannolikhet är bekämpat i punkten 2 och  
en ny hotutvärdering kan påbörjas.

#### 7.4.2 Observationer

I detta fall fungerar luddig logik

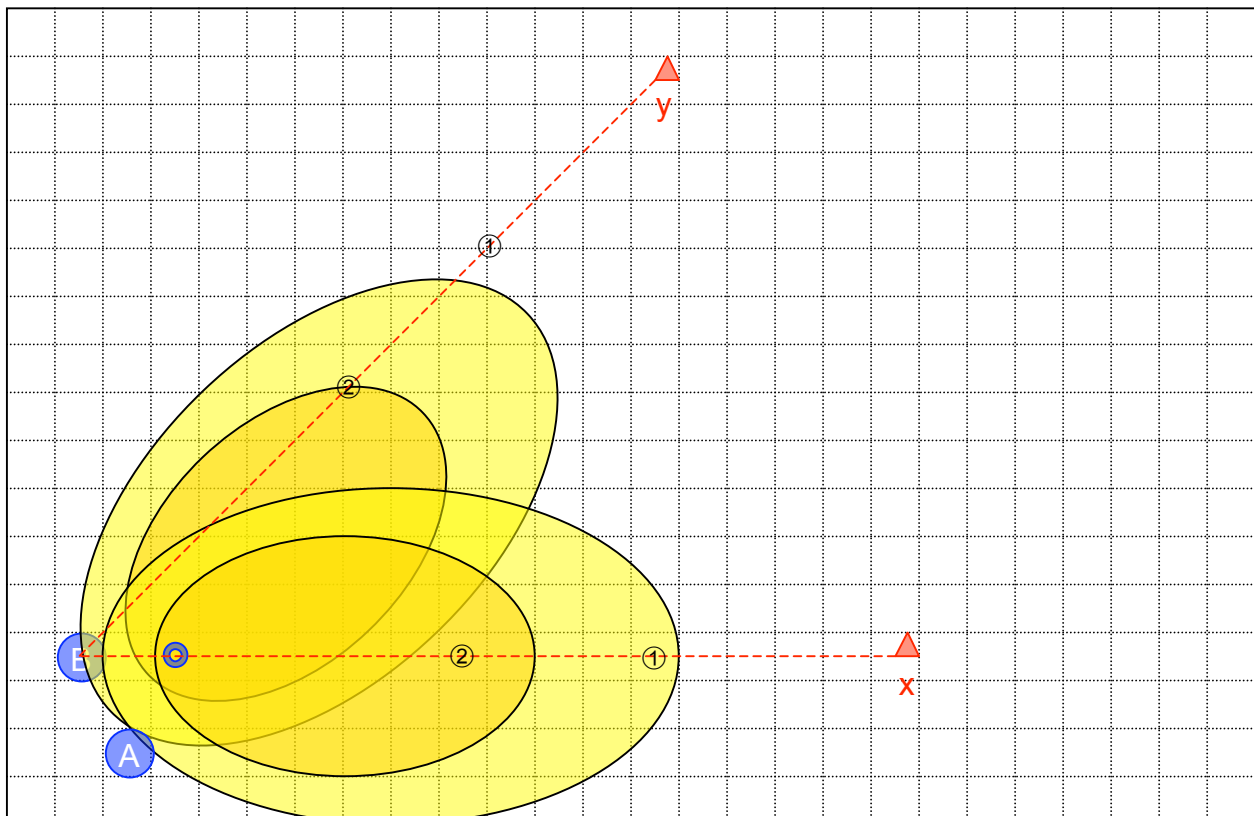


Bild 14. Luddig logik och fall I

uppenbarligen på avsett sätt. Man kan dock  
invända att faktorn 0 för mål y blir helt  
avgörande för beräkningen och att resten  
av *algoritmen* därför blir irrelevant. Ett  
möjligt problemområde kan spåras i om  
flera höga hotfaktorer mot mindre viktiga  
skyddsobjekt kan uppväga en låg  
bekämpnings sannolikhet.

### 7.4.3 Fall II

Om vi tillämpar kriterierna i pt 1 får vi följande resultat:

I vilken grad är företagen bekämpningsbara?

Mål x tilldelas ett värde på 0,5.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,9.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt A?

Mål x tilldelas ett värde på 1.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,25.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt B?

Mål x tilldelas ett värde på 0,25.  
Mål y tilldelas ett värde på 1.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt C?

Mål x tilldelas ett värde på 0,25.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,25.

De totala hotvärdena blir:

Mål x:  
 $0,5 \times (1 \times 4 + 0,25 \times 2 + 0,25 \times 1) = 2,375$

Mål y:  
 $0,9 \times (0,25 \times 4 + 1 \times 2 + 0,25 \times 1) = 2,925$

Mål y väljs som mål.

### 7.4.4 Observationer

I detta fall kan vi se en farlig tendens; produkten av en hög bekämpningssannolikhet och hot mot ett lägre prioriterat mål kan göra att fel mål väljs. Möjligen är det inte så farligt i detta fall eftersom det också är viktigt att bekämpa då bekämpningssannolikheten är hög. Situationen hade kunnat räddas om vår *algorithm* även tog hänsyn till predikterat måluppträdande och därigenom såg att mål x skulle uppnå en högre bekämpningssannolikhet inom kort tid.

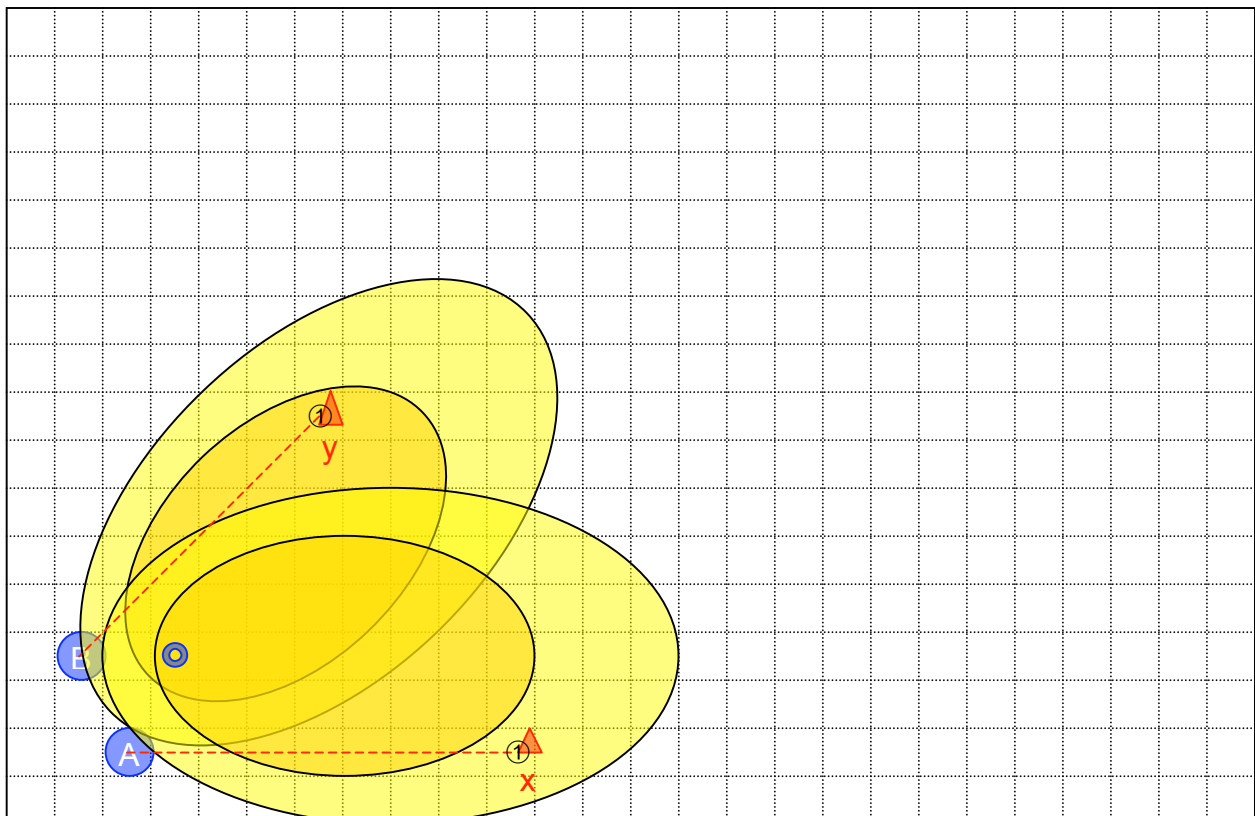


Bild 15. Luddig logik och fall II

### 7.4.5 Fall III

Om vi tillämpar kriterierna i pt 1 får vi följande resultat:

I vilken grad är företagen bekämpningsbara?

Mål x tilldelas ett värde på 0,5.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,9.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt A?

Mål x tilldelas ett värde på 0,25.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,5.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt B?

Mål x tilldelas ett värde på 1.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,5.

Hur stort hot utgör företagen mot skyddsobjekt C?

Mål x tilldelas ett värde på 1.  
Mål y tilldelas ett värde på 0,5.

De totala hotvärdena blir:

Mål x:  
 $0,5 \times (0,25 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1) = 2$

Mål y:  
 $0,9 \times (0,5 \times 4 + 0,5 \times 2 + 0,5 \times 1) = 3,15$

Mål y väljs som mål.

### 7.4.6 Observationer

Här blir våra värsta farhågor besannade; tillräckligt många små faktorer kan uppväga de viktigaste på ett sätt som gör att fel mål pekas ut som mest hotande.

### 7.4.7 Fördelar

Denna metod har fördelar när det gäller att ta hänsyn till en glidande skala. Eftersom de ingående parametrarna tillåts anta varierande värden kan hänsyn tas till hur bekämpningssannolikheten varierar i detalj.

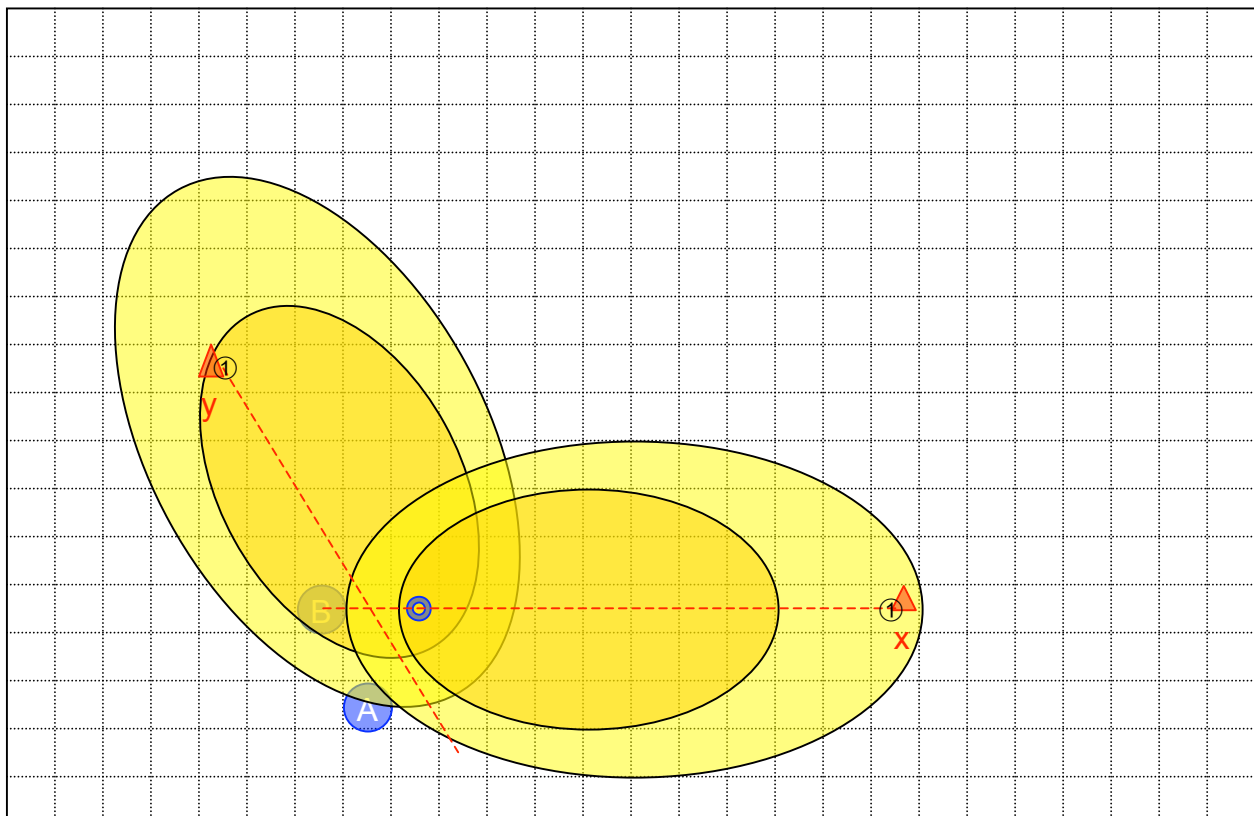


Bild 16. Luddig logik och fall III

#### 7.4.8 Nackdelar

En avgörande nackdel för denna metod är hur flera små faktorer kan aggregeras så att de överväger en betydligt viktigare faktor. Man kan också fråga sig vad de olika skyddsobjektens inbördes förhållanden skall baseras på. Det kan vara svårt för operatörerna att få tillräcklig överblick över denna metod.

## 7.5 Logik

För att ta hänsyn till de angivna parametrarna (se 7.3.3 ovan) utformas hotutvärderaren baserad på klassisk logik enligt följande:

Är målet bekämpningsbart?

Om det är det och det inte finns något annat mål som också är det så väljs det som mest hotande.

Hotar målet skyddsobjekt A?

Om det gör det och det inte finns något annat mål som också gör det så väljs det som mest hotande.

Hotar målet skyddsobjekt B?

Om det gör det och det inte finns något annat mål som också gör det så väljs det som mest hotande.

Hotar målet skyddsobjekt C?

Om det gör det och det inte finns något annat mål som också gör det så väljs det som mest hotande.

### 7.5.1 Fall I

Om vi tillämpar kriterierna i pt 1 får vi följande resultat:

Är målet bekämpningsbart?

Mål x är det, men mål y är det inte, alltså väljs mål x.

Övriga kriterier behöver inte användas eftersom målprioritering redan är klar.

I punkt 2 är bekämpningsförloppet genomfört och mål x med 0,5 procent sannolikhet nedkämpat. Ny hotutvärdering görs.

### 7.5.2 Observationer

I detta fall fungerar denna metod lika bra som den föregående. Möjligen kan man också säga att den dessutom når sitt resultat på ett enklare och mer överskådligt sätt.

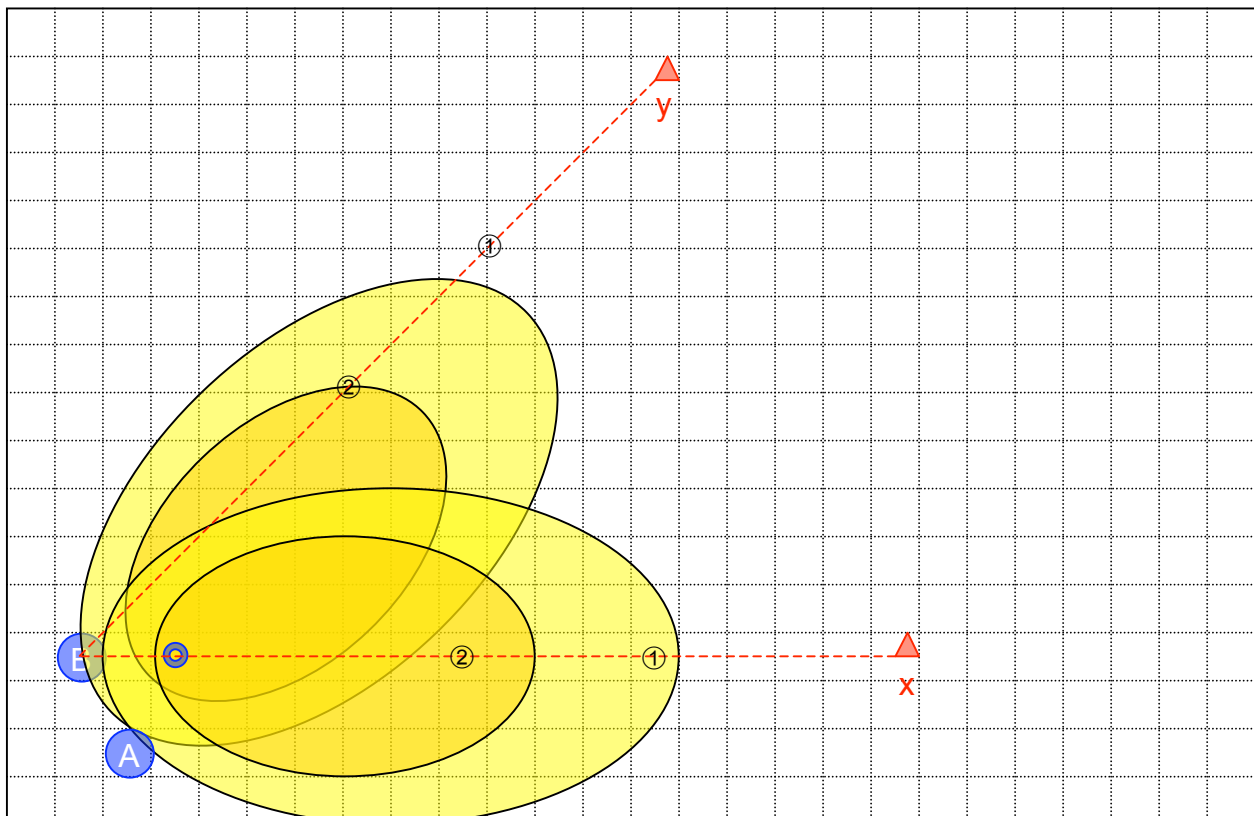


Bild 17. Logik och fall I

### 7.5.3 Fall II

Om vi tillämpar kriterierna i pt 1 får vi följande resultat:

Är målet bekämpningsbart?

Båda målen är bekämpningsbara. Vi måste titta på nästa kriterie.

Hotar målet skyddsobjekt A?

Endast mål x hotar skyddsobjekt A och väljs därför som mål.

Övriga kriterier behöver ej användas.

### 7.5.4 Observationer

Återigen får vi önskat resultat med denna metod. Man skulle dock kunna invända att det hade varit bättre om vi valt mål y eftersom bekämpningssannolikheten då skulle varit större. På samma vis som för föregående metod kan man dock tänka sig

att utveckla *algoritmen* så att den även tittar framåt, för att därigenom upptäcka att det finns en bättre bekämpningssannolikhet om man avvaktar ett ögonblick.

Man skulle också kunna tänka sig att det finns en möjlighet att kombinera fördelarna i de två metoderna genom att låta bekämpningssannolikheten vara luddig, samtidigt som andra delar av *algoritmen* är klassiskt logiska.

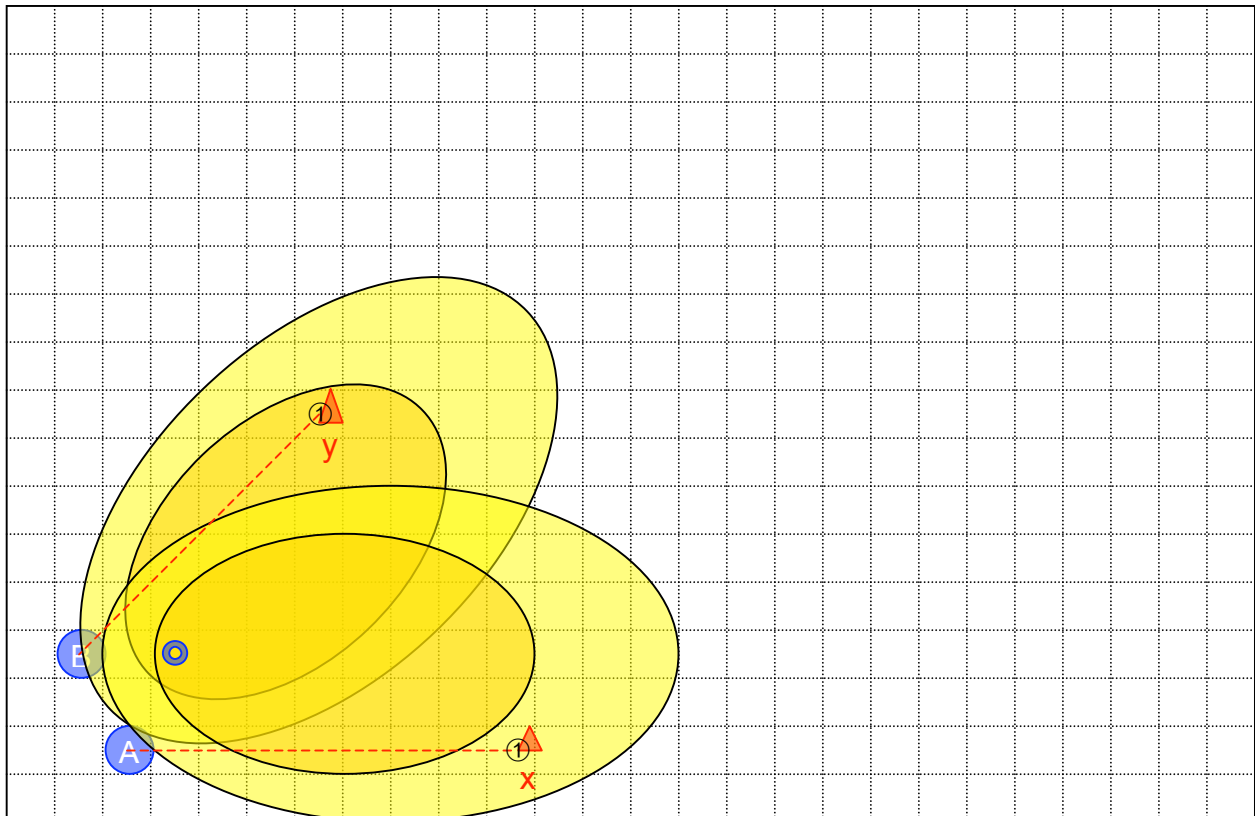


Bild 18. Logik och fall II

### 7.5.5 Fall III

Om vi tillämpar kriterierna i pt 1 får vi följande resultat:

Är målet bekämpningsbart?

Båda målen är bekämpningsbara.

Hotar målet skyddsobjekt A?

Inget företag hotar skyddsobjekt A

Hotar målet skyddsobjekt B?

Endast mål x hotar skyddsobjekt B och väljs därför som mål.

Fler kriterier behöver ej användas.

### 7.5.6 Observationer

Här visar det sig att samma metod som användes för att "lura" den luddiga logiken inte är framgångsrik mot denna *algoritm*. Det är dock inte omöjligt att "trimma" in faktorerna i den luddiga logikens *algoritm* på ett sådant sätt att just detta fall hanteras

bättre. Våra enkla och begränsade exempel ger inte ett fullständigt underlag för att kunna avgöra att den ena metoden är väsentligt bättre än den andra, men de ger en indikation om att detta är ett område där felaktigheter kan uppstå.

### 7.5.7 Fördelar

Det finns fördelar i den överskådlighet som den klassiska logiken innebär. Dessutom förefaller det som om det är lättare att konstruera en *algoritm* som saknar "kryphål".

### 7.5.8 Nackdelar

Denna metod har svårt att hantera den glidande skala som den luddiga logiken är byggd på. Detta kan innebära att det är svårare att ta hänsyn till detaljer i hotbilden.

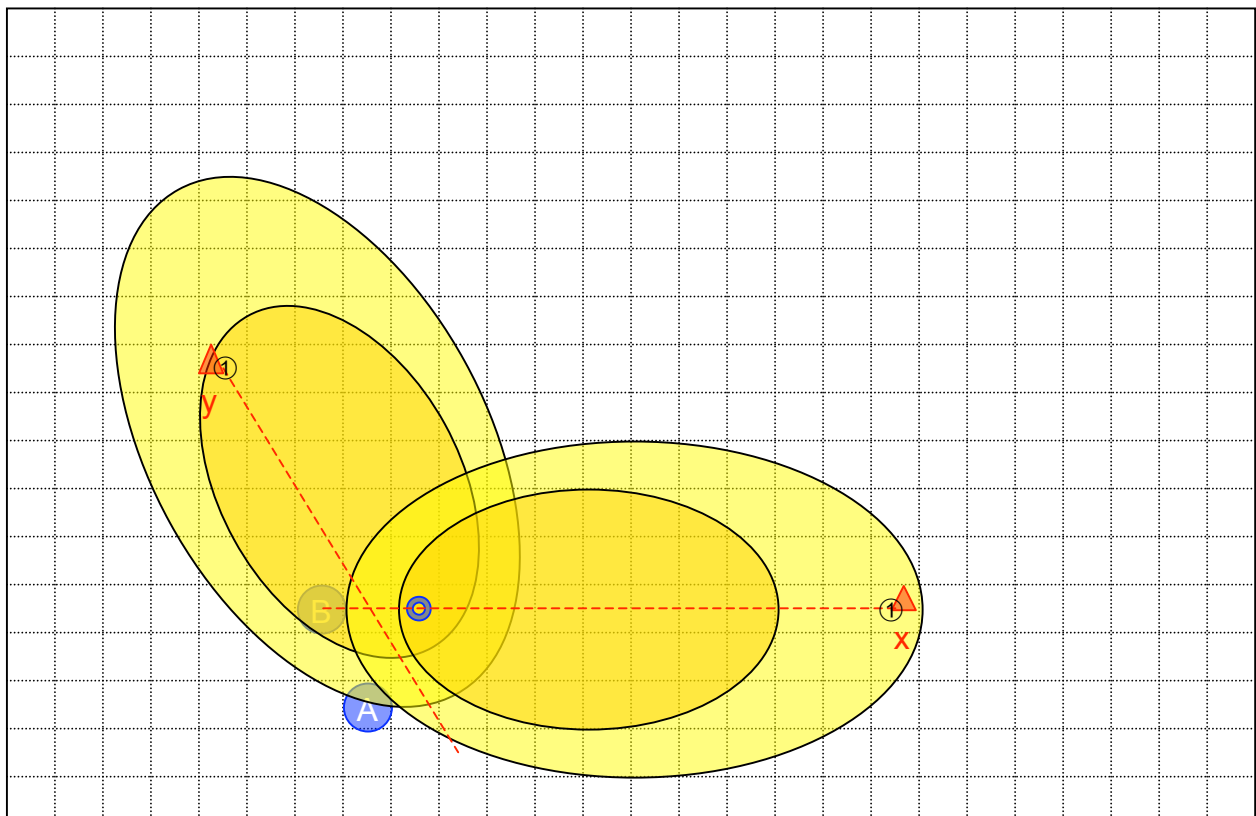


Bild 19. Logik och fall III

## 7.6 Bayesianska nätverk

För att ta hänsyn till de angivna parametrarna (se 7.3.3 ovan) utformas hotutvärderaren baserad på bayesianska nätverk enligt följande:

Om jag i punkten 1 väljer att bekämpa mål x, vilken sannolikhet har jag då att lyckas?

Om jag misslyckas, vilken sannolikhet är det då att x respektive y träffar sitt mål?

Om jag lyckas vilken sannolikhet är det då att y träffar sitt mål?

osv

Denna *algoritm* illustreras av bild 20.

Motsvarande resonemang byggs sedan upp för nästa mål.

Därefter väljs bekämpning av det mål där sannolikheten för skyddsobjektens överlevnad är som störst.

### 7.6.1 Fall I

Om vi tillämpar *algoritmen* på detta fall finner vi att sannolikheten för att skyddsobjektet klarar sig oskatt är  $0,125 + 0,25 = 0,375$  om vi väljer mål x i punkten 1 (se bild 22) och  $0,25$  om vi väljer mål y (se bild 23).

Mål x väljs därför.

### 7.6.2 Observationer

Denna metod ger ett korrekt resultat i detta fall. Metoden förefaller också ge en god uppfattning om helheten i problemet.

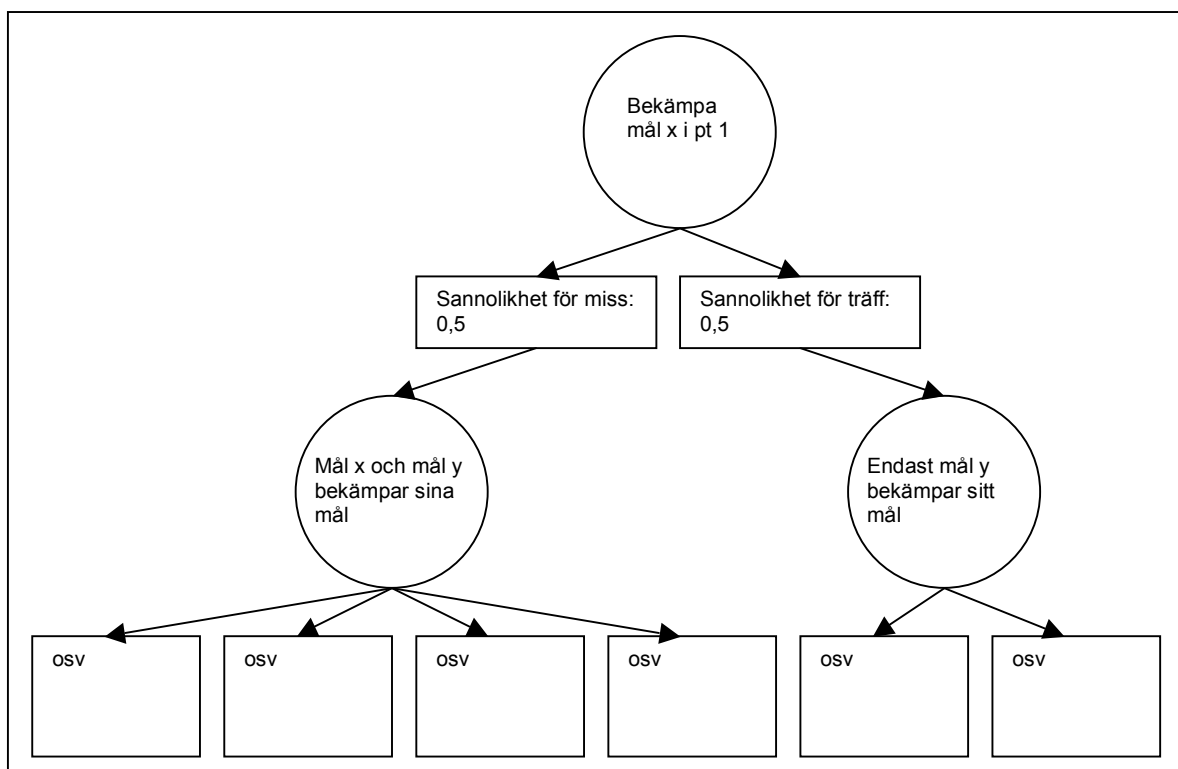


Bild 20. Bayesianskt nätverk

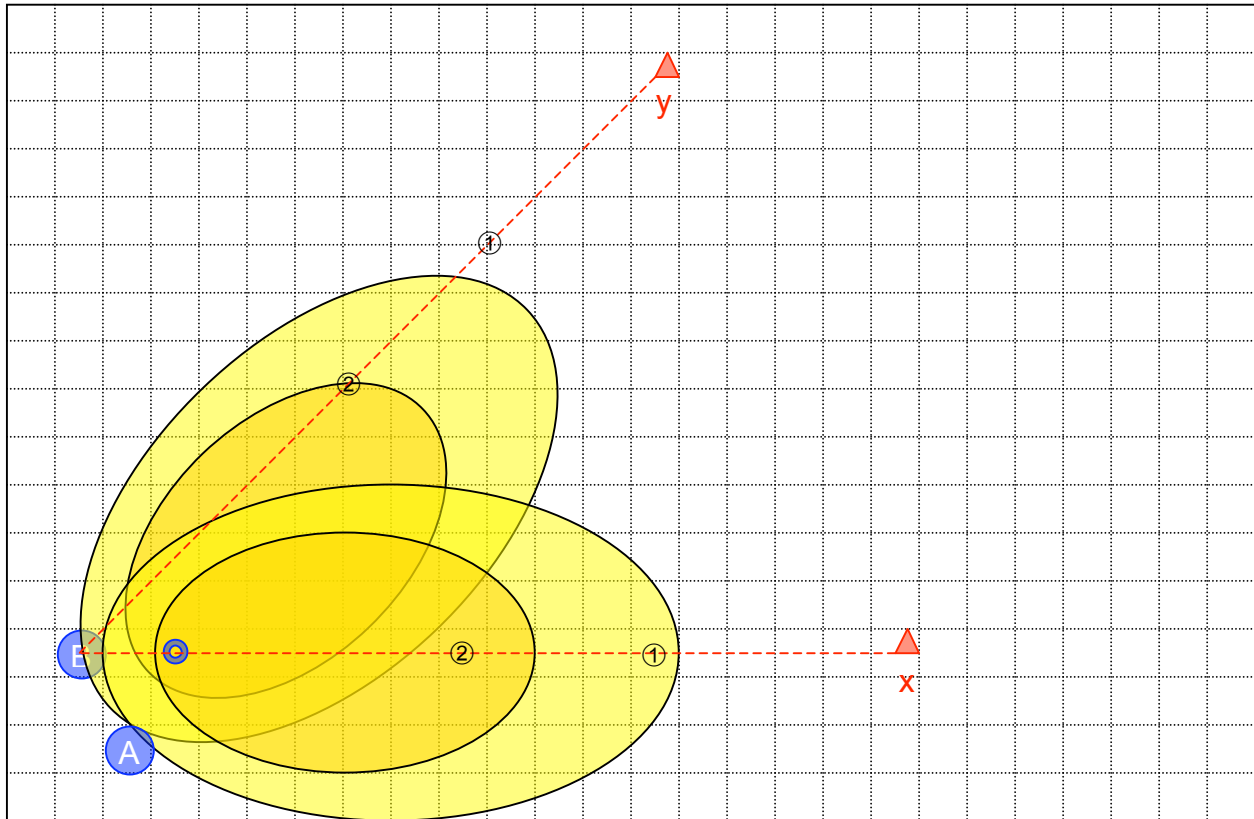


Bild 21. Bayesianskt nätverk och fall I

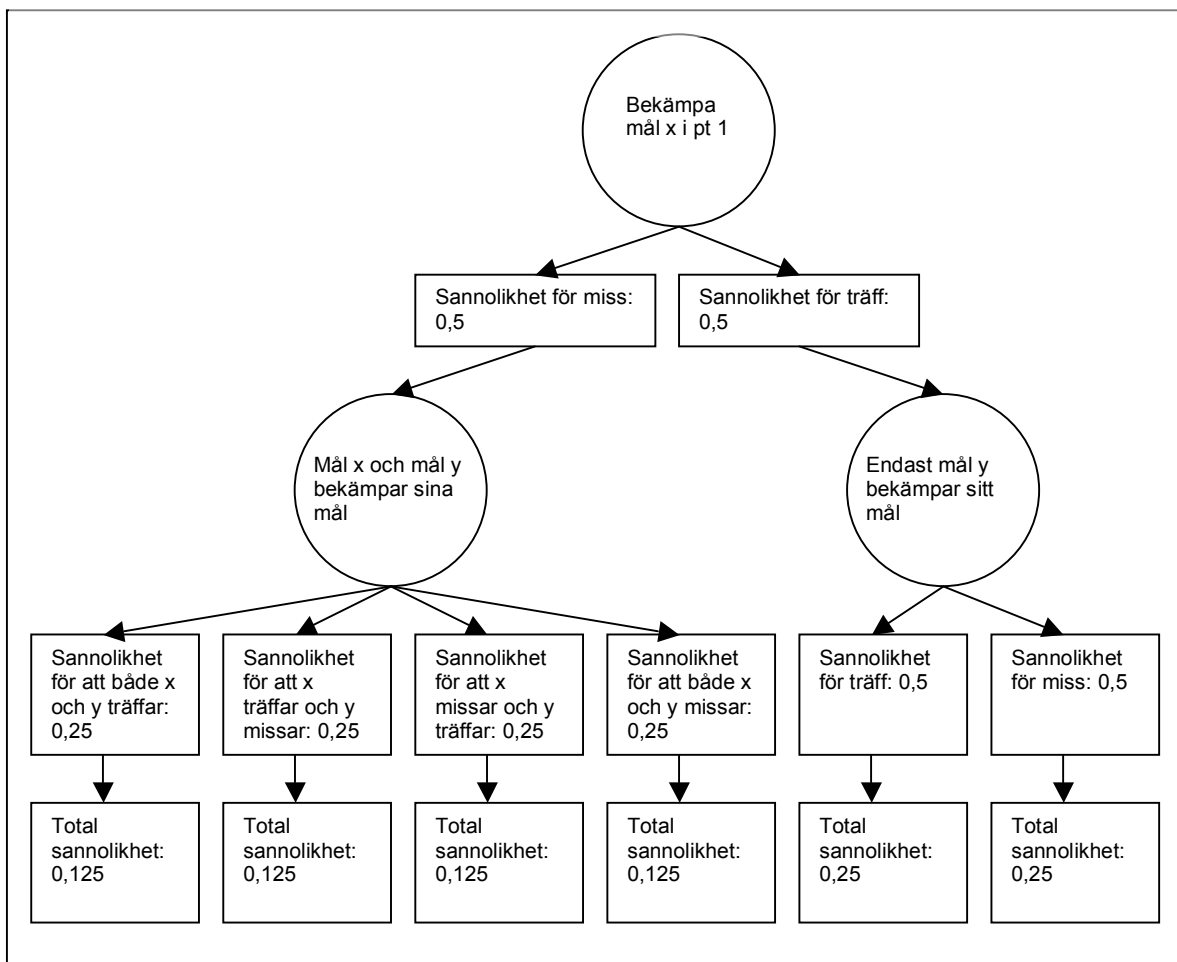


Bild 22. Bayesianskt nätverk

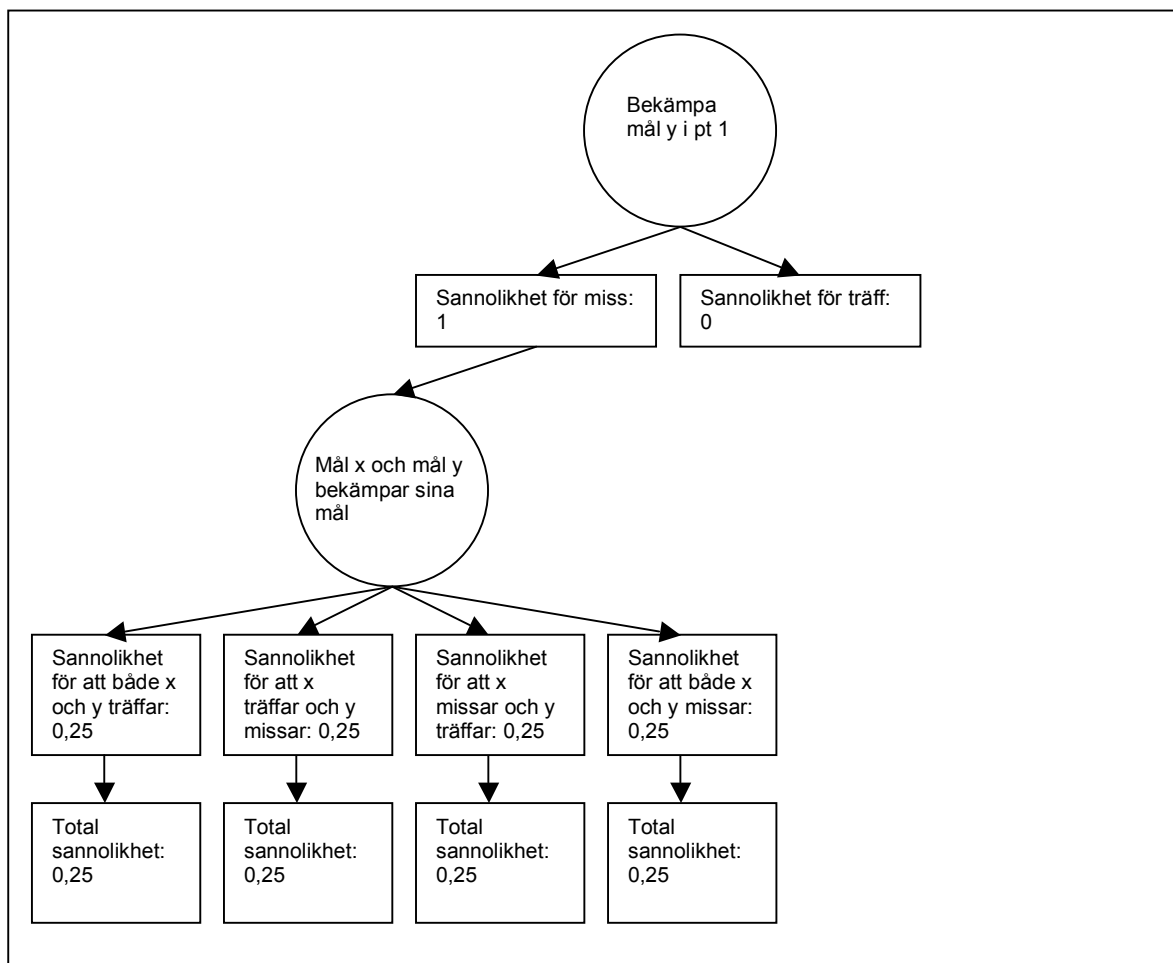


Bild 23. Bayesianskt nätverk

### 7.6.3 Fall II

Om mål x väljs i pt 1 är sannolikheten för bekämpning 0,5.

Om den inte infaller är sannolikheten att mål x träffar sitt mål 0,5.

Om bekämpningen av x misslyckas uppstår följande möjliga utvecklingar:

Sannolikheten för att både x och y träffar sina respektive mål är 0,25.

Sannolikheten för att x träffar och y missar är 0,25.

Sannolikheten för att x missar och y träffar är 0,25.

Sannolikheten för att både x och y missar är 0,25.

Sammanfattningsvis:

Skyddsobjekt A klarar sig med  $0,5 + 0,125$

$+ 0,125 = 0,75$  sannolikhet.

Både skyddsobjekt A och B klarar sig med  $0,25 + 0,125 = 0,375$  sannolikhet.

Om mål y väljs i pt 1 är sannolikheten för bekämpning 0,9.

Oavsett om den infaller är sannolikheten att mål x träffar sitt mål 0,5.

Om bekämpningen av y misslyckas uppstår följande möjliga utvecklingar:

Sannolikheten för att både x och y träffar sina mål är 0,25.

Sannolikheten för att x träffar och y missar är 0,25.

Sannolikheten för att x missar och y träffar är 0,25.

Sannolikheten för att både x och y missar är 0,25.

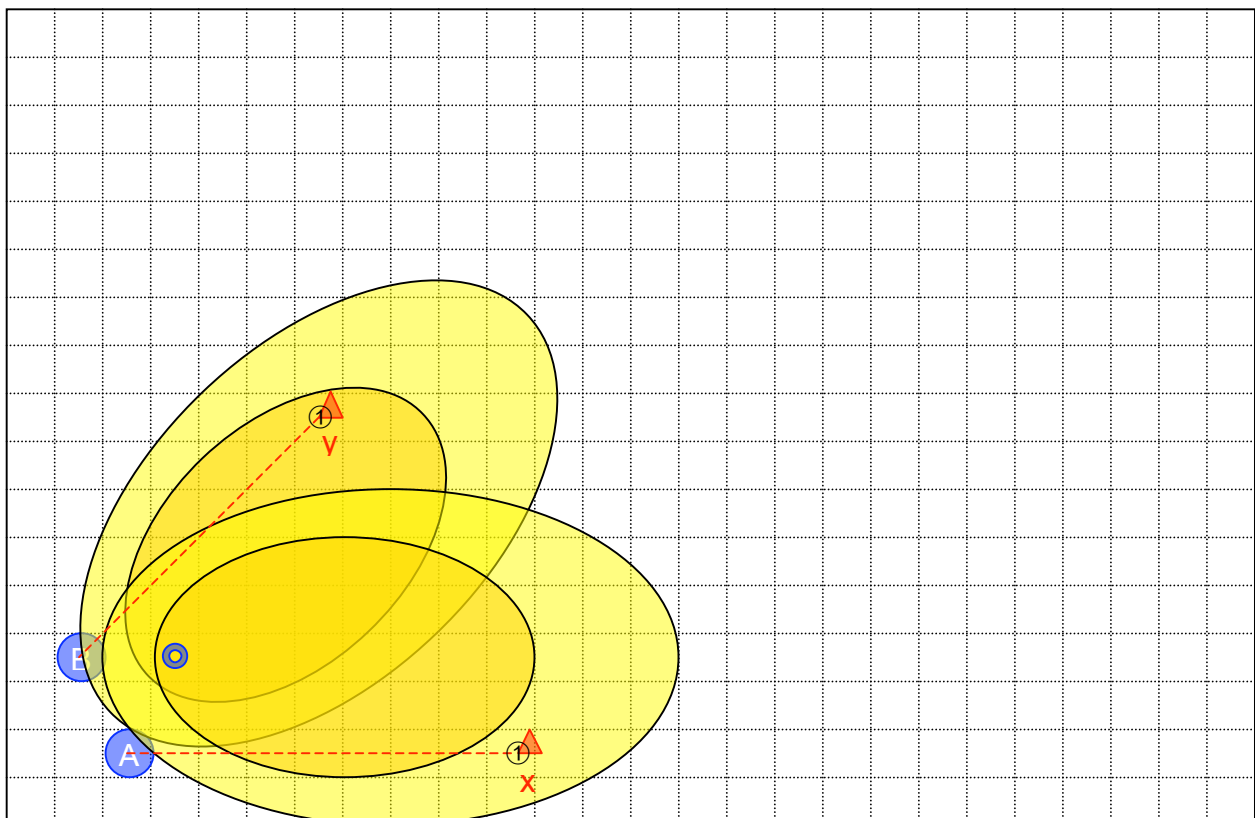


Bild 24. Bayesianskt nätverk och fall II

Sammanfattningsvis:

Skyddsobjekt A klarar sig med 0,5 sannolikhet.

Både skyddsobjekt A och B klarar sig med  $0,45 + 0,025 = 0,475$  sannolikhet.

Mål x väljs eftersom detta ger högst sannolikhet att det viktigaste skyddsobjektet klarar sig.

#### 7.6.4 Observationer

Här får vi också ett korrekt resultat och en tydlig bild av att det är bättre att välja mål x.

#### 7.6.5 Fall III

Om mål x väljs i pt 1 är sannolikheten för bekämpning 0,5.

Om den inte infaller är sannolikheten att mål x träffar sitt mål 0,5.

Sammanfattningsvis:

Skyddsobjekt A klarar sig med 0,75 sannolikhet.

Om mål y väljs i pt 1 är sannolikheten för bekämpning 0,9.

Oavsett om den infaller är sannolikheten att mål x träffar sitt mål 0,5.

Sammanfattningsvis:

Skyddsobjekt A klarar sig med 0,5 sannolikhet.

Mål x väljs.

#### 7.6.6 Observationer

Även i detta fall fungerar metoden bra och fattar korrekt *beslut*.

#### 7.6.7 Fördelar

Denna metod verkar ge mycket goda resultat i alla de fall vi provat. Metoden ger också en god tydlighet i varför resultatet blir som det blir.

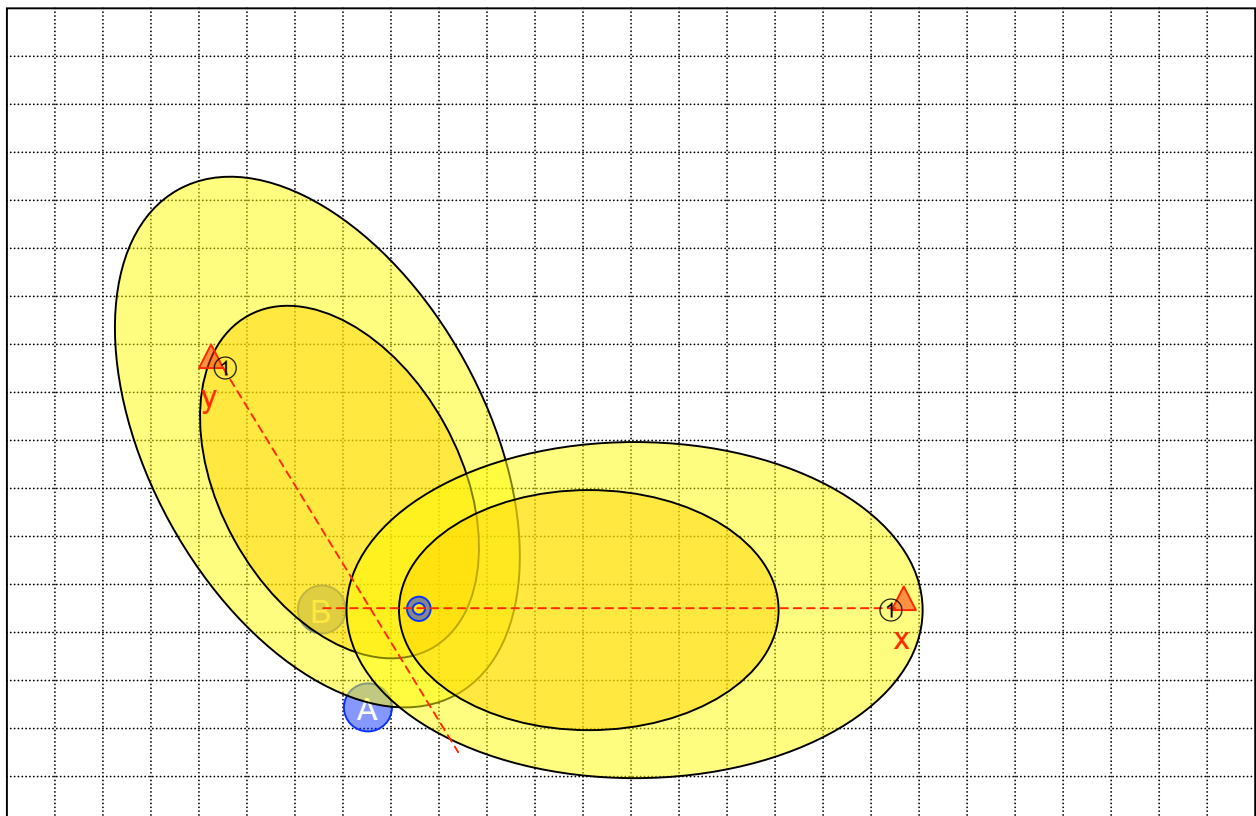


Bild 25. Bayesianskt nätverk och fall III

### 7.6.8 Nackdelar

Möjligen kan man misstänka att *algoritmer* utformade enligt denna metod för att hantera mer komplicerade fall än de här redovisade kan bli mycket invecklade.

## 8. Värdering, slutsatser och diskussion

Det övergripande syftet för denna uppsats har varit att besvara frågeställningen "Vilka grundläggande principer bör användas för automatiskt beslutsstöd och beslutsfattning i luftvärnets hotutvärderare?".

Det är författarens uppfattning att de beskrivna principerna; luddig logik, klassisk logik och Bayesianska nätverk, alla är användbara i detta avseende. De har alla fördelar och nackdelar och den optimala *algoritmen* använder sig antagligen av en kombination av metoder. Oavsett val av metod står det dock klart att utformningen av *algoritmerna* måste ta sitt avstamp i den stridstekniska *doktrinen*.

### 8.1 Övergripande slutsatser

Automatisk *hotutvärdering* ger flera stridstekniska fördelar. T ex kan stora mängder information mycket snabbt behandlas och leder till beslut på ett sätt som alltid följer fastställd *doktrin*. Man kan därför förvänta sig att sådana *beslut* har hög medelkvalité.

Det är av yttersta vikt att det finns en tydlig stridsteknisk *doktrin* som kan ligga till grund för utformningen av hotutvärderingsalgoritmer. Denna *doktrin* måste i sin tur hänga ihop med överordnade *doktriner* för uppgiftsställning till förband så att *algoritmerna* verkligen bidrar till *uppgiftens* lösande på bästa sätt.

Det förefaller vara enklare att konstruera *algoritmer* som anknyter till rådande *doktrin* baserade på klassisk logik eller Bayesianska nätverk. Både den luddiga logiken och de Bayesianska nätverken är dock bra på att hantera glidande skalor som t ex bekämpningssannolikheter.

Utformning av *algoritmer* kan förstås varieras i det oändliga och de fåtaliga exempel som presenteras här kan bara skrapa på ytan av vad som är möjligt.

Även förbandens organisation måste hänga samman med den *doktrin* som ligger till grund för beslutsfattningen. En viktig *doktrinär* fråga är t ex på vilken nivå *beslut* om målfördelning fattas. Generellt kan man ju anta att ju fler enheter som kan samordnas desto bättre effekt kan man få ut.

### 8.2 Parametrar för hotutvärdering

Viktiga ingångsvärden för *hotutvärdering* är målens bekämpningsbarhet och *uppgiftens* innebörd (skyddsobjektens beskaffenhet och prioritering). Hotutvärderingsalgoritmer bör därför alltid byggas med hänsyn tagen till dessa faktorer.

Då variabla parametrar skall kunna ställas in av operatörer är det mycket viktigt att konsekvenserna av inställda parametrar står klara för användarna. De Bayesianska nätverken och den klassiska logiken förefaller i detta sammanhang vara mer användbara än luddig logik eftersom de ger en bättre överskådlighet.

I vissa fall har uppsatsen även antytt att det kan vara mycket vanskligt att hitta rätt värden för olika parametrar - skyddsobjektens skyddsvärden är ett exempel. Om den här typen av parametrar skall vara valbara av operatörerna ställer detta extra stora krav på överskådligheten i *algoritmerna*.

### 8.3 Mätmetoden

I denna uppsats har jag valt att använda en enkel form av simulering för att hitta fördelar och problemområden i olika *algoritmer*. Detta sätt att mäta är användbart när komplexa system

undandrar sig en komplett analytisk genomlysning<sup>37</sup>.

Trots att de *algoritmer* som redovisas i uppsatsen följer de grundläggande principer som anges är det givetvis så att en *algoritm* kan utformas på ett oändligt antal olika sätt genom att variera parametrar eller faktorer i beräkningen. Detta innebär att vad som framstår som en klar begränsning i något av de redovisade fallen mycket väl skulle kunna kringgås genom justeringar eller tillägg i *algoritmerna*. Det är min uppfattning att detta faktum inte gör värderingen värdelös, utan snarare pekar på områden där det är viktigt att noga värdera *algoritmernas* utformning och att vara beredd att göra just justeringar. I vissa fall kan detta peka ut områden där *algoritmerna* skall ha parametrar som går att ställa in av användaren på kort varsel.

Det går förstås på intet sätt att säga att man genom ett litet antal scenarier kan belysa alla fördelar och nackdelar i en viss beräkningsprincip. Min avsikt har dock varit att peka på några områden där de olika beräkningsmetoderna har styrkor och/eller svagheter.

För framtida utveckling och verifiering av användbara beslutsfattningsalgoritmer kan man dra slutsatsen att om scenarier skall användas, måste omfattande körningar göras. Därför bör datoriserade simulatorer utvecklas parallellt med, eller åtminstone vara interoperabla med, sådana system (så att stora mängder scenarier kan köras på kort tid).

Det är också viktigt att notera att denna förenklade mätmetod inte kan användas

som ett argument för att ett visst verkligt system är bättre eller sämre än ett annat.

#### 8.4 Utveckling

En hotutvärderare måste kunna hantera en ständigt föränderlig hotbild och kan därför inte bygga på ett helt slutet system. Detta problem kan till del kringgås genom att göra hotutvärderarens databaser öppna och expanderbara.

Hur väl våra automatiska *algoritmer* än är uppbyggda och verifierade kommer de ändå att ställas inför oförutsedda situationer. Systemen måste därför övervakas av mänskliga operatörer som kan överrida resultaten om så skulle behövas. Om det skall vara möjligt för människor att genomföra detta måste systemen vara byggda så att det är möjligt att förstå vilka inverkan olika inställningar har. Det är också angeläget att *algoritmerna* i nästa skede relativt snabbt kan anpassas för att kunna hantera liknande situationer i framtiden. Detta antyder att försvarsmakten behöver kunna genomföra egen mjukvaruutveckling och att systemen behöver vara uppgraderingsbara.

Förutom de system som idag finns införda i luftvärnet medger dagens teknik ett antal andra saker som skulle kunna vara användbara i stridsledningsprocessen.

Alla underrättelsekällor kan idag inte utbyta information med varandra. All information kan heller inte korreleras till en enhetlig *luftlägesbild*. Som exempel kan nämnas LuLIS-information och radarmål.

Man kan även tänka sig att införa information från signalspaning (egen eller från annat förband) och från system för optisk målspaning, men detta finns inte implementerat idag.

Automatisk inhämtning och analys av rapporter är ett annat område där dagens

---

<sup>37</sup> Law, Averill M och W David Kelton (2000), *Simulation Modeling and Analysis, Third Edition*, McGraw-Hill Higher Education, ISBN 0-07-059292-6, s. 91

system har brister, men där enkla medel skulle kunna ge stora vinster.

### 8.5 Fortsatta studier

Som ett resultat av fördiskussion har ett antal områden där vidare studier vore intressanta uppenbarat sig.

Doktrinutveckling måste ske kontinuerligt och måste dessutom ligga till grund för reglementen och utbildning så att alla delar av luftvärnsystemet utnyttjas optimalt.

Automatiskt beslutsstöd på högre nivåer är ett annat intressant område som borde kunna ge god effekt.

Uppsatsen har inte berört *insatsplanering* mer än ytligt. Kopplingen mellan *hotutvärderingen* och *insatsplaneringen* är förstås viktig och *algoritmer* för detta ändamål bör utformas med hänsyn tagen till samma saker.

*Hotutvärdering* av störning mot radarstationer har inte berörts i denna uppsats, men man kan anta att liknande principer är användbara och att de i så fall skulle bidra till att snabbare kunna fatta korrekta *beslut* baserade på den vedertagna doktrinen.

Endast hotvärderare för luftvärnsstrid har behandlats i denna uppsats. Graden av komplexitet i luftvärnsstriden gör dock att angivna principer kan appliceras på andra stridssituationer utan alltför stora förändringar.

I uppsatsens avgränsningar har lärande system uteslutits från studier. Detta är ett område som skulle vara intressant att studera vidare. Ett system som kan anpassa sina *algoritmer* efter värdering av tidigare fattade beslut och resultat av dessa *beslut* skulle förstås kunna bli mycket effektivt.

### 8.6 Slutord

*Hotutvärdering* för luftvärn är ett stort och komplicerat område som måste genomlysas noggrant. Om detta inte sker finns stor risk att de automatiska system som införs inte följer gällande *doktriner* och att de därför blir svårskötta eller till och med fattar felaktiga *beslut*.

Vägen fram till bra *algoritmer* för automatisk beslutsfattning startar i en tydlig *doktrin* och slutar inte för att ett visst system har levererats. Det finns många skäl som talar för att Försvarsmakten bör ha sin egen mjukvaruutveckling eller åtminstone inte köpa slutna system som inte kan anpassas till nya *doktriner* eller nya taktiska situationer.

Mattias Elfström 2005

## Bilagor

### a. Litteraturlista

#### a.1 Tryckta källor

Bennet, Christian (2004), *Första ordningens logik*, Studentlitteratur, 171 s., ISBN 91-44-03453-9

*BrigR A Lvbat rb 90/70M, Förhandsutgåva* (2003), Försvarsmakten, 164 s., M7741-140070

*British Air Power Doctrine, AP 3000 Third Edition* (1999), Training Group Media Services, HQ PTC, RAF Innsworth

Brynielsson, Joel och Stefan Arnborg (icke angivet utgivningsår), *Bayesian Games for Threat Prediction and Situation Analysis*, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Royal Institute of Technology, 8 s.

Buckley, James J och Esfandiar Eslami (2002), *An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*, Physica Verlag, 285 s., ISBN 3-7908-1447-4

Elfström, Mattias (2002), *Luftvärnsdoktrin, Utkast 1.0*, Luftvärnsutvecklingsenheten, Luftvärnsregementet, 18 s

Hall, David L och James Llinas red. (2001), *Handbook of Multisensor Data Fusion*, CRC Press LLC, ISBN 0-8493-2379-7

*Kompendium i strategi S:2*, Försvarshögskolan 1995-09-01

Law, Averill M och W David Kelton (2000), *Simulation Modeling and Analysis, Third Edition*, McGraw-Hill Higher Education, 760 s., ISBN 0-07-059292-6

*LvR Undto PS-90* (1994), Försvarsmedia, 242 s., M7741-141631

*Skjutlära för luftvärnet* (1990), Försvarsmedia, 176 s., M 7742-146001

*Vapenlära för armén* (1986), FLC, 256 s., M7742-108001

Wallenius, Klas (2004), *Generic Support for Decision-Making in Management and Command and Control*, KTH Numerical Analysis and Computer Science, 90 s., ISBN 91-7283-750-0

#### a.2 Källor på internet

*Luftvärnssystem*, <<http://www.halmstad.mil.se/>> 2005

Murphy, Kevin (1998), *A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks*, <<http://www.cs.ubc.ca/~murphyk/Bayes/bayes.html>> 2005-07-07

*Nationalencyklopedin*, <<http://www.ne.se/>> 2005

#### a.3 Övriga källor

Från CD-skiva med presentationsmaterial från EMW:

Steen, Lennart (2004), *PowerPoint-presentationen LvUndC i UndE23*, EMW 2004-09-13, 18 s.

## **b. Lista över förkortningar**

**DART:** Datarapporteringsterminal

**EMW:** *"Ericsson Micro Wave"*

**IFF:** *"Identify Friend or Foe"*,  
igenkänningsutrustning

**IK:** igenkänningsutrustning

**LuLIS:** Luftlägesinformationsystem

**RBS:** Robotsystem

**SSARB:** Signalsökande attackrobot

**TAF:** Taktiska funktioner,  
samlingsbenämning för *hotutvärdering* och  
*insatsplanering*

**UAV:** *"Unmanned Aerial Vehicle"*

**UCAV:** *"Unmanned Combat Aerial  
Vehicle"*

## c. Bildförteckning

Bild 1, s14. Tillvägagångssätt, av författaren

Bild 2, s22. Eldenhet RBS 70, public domain

Bild 3, s22. Spaningsradarstation UndE 23, public domain

Bild 4, s23. Exempel på en luftvärnsgruppering, clip-art sammansatt av författaren

Bild 5, s27. Ett fientligt angreppsföretag upptäcks av luftbevakningens radarstation, clip-art sammansatt av författaren

Bild 6, s28. Beslut om radarspaning fattas, clip-art sammansatt av författaren

Bild 7, s29. Underrättelseenheten målfördelar och sänder invisning till anslutna eldenheter, clip-art sammansatt av författaren

Bild 8 a och b, s35. Verkansdiagram, av författaren

Bild 9, s37. Exempel på ett Bayesianskt nätverk, av författaren

Bild 10, s38. Verkansdiagram för teoretiskt luftvärnsystem, av författaren

Bild 11, s39. Fall I, av författaren

Bild 12, s40. Fall II, av författaren

Bild 13, s41. Fall III, av författaren

Bild 14, s43. Luddig logik och fall I, av författaren

Bild 15, s44. Luddig logik och fall II, av författaren

Bild 16, s45. Luddig logik och fall III, av författaren

Bild 17, s47. Logik och fall I, av författaren

Bild 18, s48. Logik och fall II, av författaren

Bild 19, s49. Logik och fall III, av författaren

Bild 20, s50. Bayesianskt nätverk, av författaren

Bild 21, s51. Bayesianskt nätverk och fall I, av författaren

Bild 22, s51. Bayesianskt nätverk, av författaren

Bild 23, s52. Bayesianskt nätverk, av författaren

Bild 24, s53. Bayesianskt nätverk och fall II, av författaren

Bild 25, s54. Bayesianskt nätverk och fall III, av författaren

## d. Fakta om luftvärnsförband

Luftvärnets organisation är stadd i ständig och snabb förändring, varför det är omöjligt att ge en helt korrekt bild av hur de olika systemen är, eller i den närmaste framtiden kommer att vara, sammansatta. Följande luftvärnssystem finns idag (eller kan komma att införas) inom luftväret.

Fakta till följande avsnitt har i första hand inhämtats från Luftvärnsregementets hemsida på internet<sup>38</sup>.

### d.1 RBS 70 och 90

Robotsystem 70 har lätta *eldenheter* medan robotsystem 90:s *eldenheter* är fordonsburna. Båda systemen har fordonsburna *underrättelseenheter*.

*Eldenheten* har en räckvidd på upp till ca 5 km. *Beslut* om insats fattas av en *stridsledare* vid *eldenheten*.

Vid *eldenhet* RBS 90 finns även en lokalspaningsradar som kan komplettera *luftlägesbilden* vid den egna enheten, men inte vidaresända någon radarinformation.

Ett kompani innehåller ca 5-10 *eldenheter*.

*Underrättelseenheten* har en spaningsradar med ca 40-50 km räckvidd. Spaningsradarn PS 90 är en 2D-radar och har en inbyggd automatisk hotutvärderare. Undledaren fattar *beslut* om insats med spaningsradarn och ansvarar för målfördelning till anslutna enheter.

Systemets 2D-radar gör att hänsyn till flyghöjd inte kan tas vid *hotutvärdering*.

Flera spaningsradarstationer (ca fem per kompani) organiseras i samma enhet för att

erbjuda möjligheter till taktiskt uppträdande.

Eventuellt utgår robotsystem 90 ur organisationen inom den närmaste tiden.

### d.2 RBS 97 HAWK

Robotsystem 97 är en vidareutveckling av RBS 67 som infördes under 60-talet och sedan uppgraderades till RBS 77. Systemet är baserat på det amerikanska HAWK-systemet, men innehåller en del helsvenska komponenter. Systemet består av fordonsburna eller dragna eld- och *underrättelseenheter*.

*Eldenheten* har en räckvidd på upp till ca 40 km. Till *eldenheten* hör en CW-radar som kan vara känslig för angrepp från signalsökande vapen. Ansluten till *eldenheten* finns en stridsledningsenhet där en *stridsledare* fattar *beslut* om insats. Minst två *eldenheter* organiseras i samma enhet för att erbjuda möjligheter till taktiskt uppträdande.

*Underrättelseenheten* har en spaningsradar under införande av typ UndE 23 med en räckvidd på upp till 100 km. UndE 23 är en 3D-radar, har inbyggd automatisk hotutvärderare och kan sammanställa information från andra radarstationer.

Att systemet har tillgång till en 3D-radar innebär att hänsyn kan tas även till målens flyghöjd vid *hotutvärdering*.

Flera spaningsradarstationer (minst två per kompani) organiseras i samma enhet för att erbjuda möjligheter till taktiskt uppträdande.

### d.3 RBS 23 BAMSE

Robotsystem 23 består av består av fordonsburna eller dragna eld- och *underrättelseenheter*.

<sup>38</sup> *Luftvärnssystem*, hämtat från  
<<http://www.halmstad.mil.se/>> 2005-04-25

*Eldenheten* har en räckvidd på upp till ca 20 km. Till *eldenheten* hör en eldledningsradar. *Beslut* om insats fattas av en *stridsledare* vid *eldenheten*. Roboten styrs efter avfyring mot målet av en ledstråle. Flera *eldenheter* organiseras i samma enhet för att erbjuda möjligheter till taktiskt uppträdande.

Spaningsradarn är av samma typ som vid RBS 97.

Det är för närvarande oklart om RBS 23 kommer att införas som ett krigsförband, enbart som en teknikdemonstrator eller inte alls.

#### **d.4 LvKv**

Luftvärnskanonvagnsystemet består av automatkanon och lokalspaningsradar monterad i samma pansarbandvagn av typen CV 90.

Luftvärnskanonvagnen utgör *eldenhet* och har en räckvidd på ca 4 km. *Beslut* om insats fattas av en *stridsledare* vid *eldenheten*.

LvKv har endast begränsade möjligheter att ta emot luftlägesinformation från yttre källor och används i första hand som ett närskydd mot helikoptrar vid brigaden.