

LENA JÖNSSON, GÖRAN NEIDER, JOHAN SCHUBERT OCH
PER SVENSSON

Informationsfusion i den taktiska underrättelseprocessen

EN INFORMELL INTRODUKTION TILL NYCKELTEKNOLOGIN FÖR
INFORMATIONSOVERLÄGSENHET

LENA JÖNSSON, GÖRAN NEIDER, JOHAN SCHUBERT OCH
PER SVENSSON

Informationsfusion i den taktiska underrättelseprocessen

EN INFORMELL INTRODUKTION TILL NYCKELTEKNOLOGIN FÖR
INFORMATIONSOVERLÄGSENHET

Distribution: HKV/PLANS STRAT (5 ex), HKV/KRI LED (15 ex), HKV/KRI MARK (2 ex),
HKV/KRI PLAN (2 ex), HKV/MUST (8 ex), UnsSäkC (10 ex), ArméC (5 ex), FlygvapenC (4
ex), MarinC (5 ex), FHS (9 ex), FMV:AML (5 ex), FMV:ElekoF (3 ex), FMV:ElekoM (5 ex),
FMV:FML (5 ex), FMV:GML ledsyst (5 ex), FMV:Onfosyst (5 ex), FMV:LednSyst (5 ex),
FMV:MML (5 ex), FMV:Sensor, Celsius Tech Systems (5 ex),
KTH/NADA, LiTH/IDA, FOFT
FOA: GD, Program (5 ex), Strat (2 ex), Utland, Fof (5 ex), FOA 1(16 ex), FOA 3 (7 ex),
FOA 5 (6 ex), FOA 6 (6 ex), FOA 7 (64 ex)

Dokumentets utgivare Försvarets Forskningsanstalt Avdelningen för Ledningssystemteknik Box 1165 581 11 Linköping	Dokumentnamn och dokumentbeteckning FOA-R--98-00902-505--SE	
	Dokumentets datum December 1998	Projektnummer E14362
	Projektnamn (ev förkortat) Ledningsförmåga i den framtida markstriden	
Upphovsman(män) Lena Jönsson, Göran Neider, Johan Schubert, Per Svensson	Uppdragsgivare FM	
	Projektansvarig Lars-Åke Hansson	
	Fackansvarig Per Svensson	
Dokumentets titel Informationsfusion i den taktiska underrättelseprocessen. En informell introduktion till nyckelteknologin för informationsöverlägsenhet		
Huvudinnehåll Denna rapport söker förklara begreppen data- och informationsfusion och sätta dem i sitt sammanhang i ledningssystemet. Det ger vidare en översikt över öppen litteratur om informationsfusion för taktisk, markstridsinriktad underrättelsetjänst, presenterar ett antal idéer till hur vissa metoder för informationsfusion skulle kunna utformas, och beskriver slutligen hur vi anser att arbetet med att lägga grunden till en demonstrationsanläggning för informationsfusion bör läggas upp. I en sådan demonstrationsanläggning skulle det vara möjligt att visa upp och i ett första steg utvärdera fusionsmetodik i olika taktiska scenarier. Den behandlar bara en del av de metodproblem inom den taktiska underrättelsetjänsten som bör kunna behandlas med datavetenskapliga metoder. Rapporten riktar sig till officerare och andra intresserade och är skriven på vardagligt språk, utan den apparat av matematiska formler och formella algoritmbeskrivningar som fordras om man vill förstå metodiken i grunden.		
Nyckelord informationsfusion, datafusion, situationsvärdering, underrättelsesystem, demonstrator		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1104-9154	ISBN	
	Omfång 127 sidor	Pris Enligt prislista

Distributör (om annan än ovan)

Issuing organization Defence Research Establishment Division of Command and Control Warfare Technology P O Box 1165 SE-581 11 Linköping SWEDEN	Document name and doc.ref.no. FOA-R--98-00902-505--SE	
	Date of issue December 1998	Project No. E14362
	Project name (abbrev. if necessary) C2 Capability in Future Ground Combat	
Author(s) Lena Jönsson, Göran Neider, Johan Schubert, Per Svensson	Initiator or sponsoring organization FM	
	Project manager Lars-Åke Hansson	
	Scient. and techn. responsible Per Svensson	
Document title Information Fusion for the Tactical Intelligence Process. An Informal Introduction to the Key Technology for Dominant Battlespace Awareness.		
Abstract <p>This report attempts to explain the concepts of data and information fusion and put them in context in the Command and Control system. We make a review of open literature on information fusion for tactical, ground combat oriented intelligence preparation, present a number of ideas for the treatment of certain information fusion problems and finally describe how we propose to structure the work of creating a demonstration system for information fusion. Such a system would enable the presentation and preliminary evaluation of information fusion methods in various tactical scenarios.</p> <p>We treat only part of the methodology issues which occur in tactical intelligence preparation and which should be amenable to computerized methods.</p> <p>The report addresses a readership of officers and other interested persons. It is written in an informal language without use of such mathematical notation and formal algorithm descriptions which are necessary for a thorough understanding of this methodology.</p>		
Key words Information fusion, data fusion, situation assessment, intelligence systems, demonstrator		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1104-9154	ISBN	
	Pages 127 pages	Price Acc. to pricelist
Distributor (if not issuing organization)		

Innehållsförteckning

Förteckning över figurer	7
Förteckning över tabeller	8
Förord	9
1. Ledningssystemet i framtiden	13
1.1 "A Revolution in Military Affairs"	13
1.2 Komplexitet, osäkerhet och tidspress - ledningsarbetets grundförutsättningar	14
1.3 Vilken information behöver beslutsfattaren ?	17
1.4 Informationskriget - ett principresonemang	18
1.5 Data- och informationsfusion - kärnan i begreppet "det digitala stridsrummet"	20
1.6 Ett exempel: SAIC-studien	23
1.7 Planerad verksamhet i delprojektet "Datafusion i den taktiska underrättelseprocessen"	24
1.7.1 Problemtyper	25
2. Information, modeller och mätningar: medel att beskriva vår verklighet	27
2.1 Ledning som kommunikation	28
2.2 Informationskvalitet och hantering av osäker information	28
2.3 Modellering och simulering	30
2.4 Mätning, modellering och simulering som "enabling technologies" vid utveckling av metodik för informationsfusion	31
3. Underrättelseprocessen	35
3.1 Aktuella aktiviteter och skrifter rörande svensk taktisk underrättelsetjänst	35
3.1.1 Underrättelsereglemente för armén, UndRA	36
3.1.2 Funktionsutvecklingsplan Underrättelsetjänst	36
3.1.3 AL 21- Systemplan underrättelsetjänst	36
3.1.4 ATLE IS Und	36
3.1.5 FENIX/FUSK	37
3.1.6 Visuellt underrättelseplanering, VU	37
3.1.7 FOA-rapporten "Arméns underrättelsesystem I"	37
3.1.8 Militär information vid internationella insatser	38
3.2 Intelligence Preparation of the Battlefield, IPB-processen	38
3.3 All-Source Analysis System (ASAS)	42
3.3.1 Organisation - arbetsstationer	42
3.3.2 ASAS utveckling	43
3.3.3 Begränsningar	43
4. Datafusion	45
4.1 Vad är datafusion ? JDL-modellen	46
4.1.1 Multisensordatafusion	46
4.1.2 Situationsanalys	47
4.1.3 Hotanalys	47
4.1.4 Adaption	47
4.1.5 Beslutsfattande	48
4.1.6 Konkretisering: operationsledarens katekes och datafusionens nivåer	48
4.1.7 Datafusionens utveckling	48
4.2 Datafusionsforskningens aktörer inom och utom landet	49
4.2.1 USA	49
4.2.2 NATO m fl	50
4.2.3 Sverige	50
4.2.4 Litteratur, konferenser och professionella organisationer	51
4.2.5 Närliggande akademiska discipliner	51
4.3 Amerikanska planer och prognoser inom datafusionsområdet	52

4.4	Några särskilt intressanta utländska projekt	57
4.4.1	NATO Data Fusion Demonstrator.....	57
4.4.2	EUCLID Advanced Workstation for Command and Control Systems.....	61
4.4.3	DREV-projekten ACTIF och CASE ATTI	63
4.4.4	DARPA:s Dynamic DataBase-program.....	64
5.	Informationsfusion i den framtida underrättelseprocessen.....	69
5.1	En jämförelse mellan datafusion och IPB.....	69
5.2	Situationsanalys och hotanalys	70
5.2.1	Information angående olika händelser	71
5.2.2	Datafusion på olika nivå i en hierarkisk organisation.....	72
5.2.3	Taktisk militär vilseledning.....	74
5.2.4	Analys med osäker, ofullständig och motstridande underrättelseinformation	75
5.2.5	Hotanalys	79
5.2.6	Hypotesgenerering	80
5.2.7	Analys och presentation av händelser (exemplet TAS)	82
5.3	Resursallokering	83
5.3.1	Optimal allokering av spaningsresurser givet en fix situation	83
5.3.2	Effektiv <i>reaktiv</i> allokering av spaningsresurser i dynamisk situation mht mot- ståndarens styrkor.....	84
5.3.3	Effektiv <i>aktiv</i> allokering av spaningsresurser i dynamisk situation mht egna och motståndarens styrkor.....	84
5.4	Distribuerat beslutsfattande och resursallokering.....	84
5.4.1	Distribuerat beslutsfattande och distribuerad resursallokering.....	85
5.4.2	Distribuerat beslutsfattande och centraliserad resursallokering.....	85
5.5	Inkrementella underrättelsefrågor.....	85
5.6	Om värdering av datafusionsresultat	86
5.6.1	Värdering av omgivande system.....	86
5.6.2	Värdering av datafusion mot slutanvändaren.....	87
5.6.3	Värdera metod gentemot problem	87
6.	Utveckling av en demonstrator.....	89
6.1	Syfte	90
6.2	Arkitektur.....	91
6.3	Metoder	92
6.4	Nyttobedömning	92
7.	Referenser.....	95
	Bilaga 1: Generiska egenskaper hos spaningssystem med tonvikt på sensordelen .	99
1.1	Önskvärda egenskaper/förmågor hos ett enskilt spaningssystem	99
1.2	Identifieringsförmåga - diskrimineringsnivåer	101
1.3	Positionsbestämning - spatiala parametrar	102
1.4	Plattformer som bär/transporterar spaningssensorer	103
1.5	Referenser till översikter av relevanta sensorsystem	105
	Bilaga 2: Några aktuella utländska ledningssystemprojekt	107
2.1	US Army's Force XXI	107
2.2	Storbritannien	111
2.3	Australiens AUSTACCS	113
	Bilaga 3: Ordlista om datafusion	117
3.1	Termer om datafusion och underrättelsetjänst	117
3.2	Engelska termer	119
3.3	Akronymer	120
3.4	Källor	122
	Lista över forskningsgruppens rapporter	123

Förteckning över figurer

Figur 1. Datafusion enligt Data Fusion Subgroup (Joint Directors of Laboratories)	46
Figur 2. Datafusionens utveckling.	49
Figur 3. Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB) enligt Llinas [12].	70
Figur 4. Genom att minimera motstridigheten (konflikten) i varje delmängd finner vi den bästa uppdelningen av underrättelserapporter. Varje delmängd motsvarar här en separat händelse.	72
Figur 5. Olika typer av tillämpningar	73
Figur 6. Tillstånd och övergångar hos en SAM.	76
Figur 7. Övergångar mellan olika tillstånd vid tiderna 0 och 1.	77
Figur 8. Datafusion (“ortogonal kombination”) av två rapporter vid samma tid. . . .	78
Figur 9. Inkrementella underrättelsefrågor	86
Figur 10. Fråga - styrning - analys, och fråga igen, ..., svar.	86

Förteckning över tabeller

Tabell 1. Sambandet mellan katekesfrågor och datafusionens nivåer	48
Tabell 2. Teknikutvecklingsprognos enligt mallen What? When? Why Important? .	54
Tabell 3. Översikt över möjligheter till automatisering i taktisk undtjänst [49]	57
Tabell 4. Exempel på plattformstyper och -roller (L/T/B)	104
Tabell 5. Termer om datafusion och underrättelsetjänst	117
Tabell 6. Engelska termer och uttryck	119
Tabell 7. Akronymmer	120
Tabell 8. Ordlistans källor	122

Förord

Framtidens snabba stridsförlopp kräver att informationsinhämtning, underrättelseanalys och fördelning av spaningsresurser sker snabbt och integrerat. För att detta skall kunna uppnås behöver informationssystemet tillåta att information förs in i systemet från många olika håll och från alla nivåer i hierarkin. Spanings- och analysresurser måste också kunna efterfrågas från alla dessa nivåer. Underrättelsesystemet måste, i dialog med användare, kunna föreslå goda lösningar på de resurskonflikter som kommer att uppstå. Systemet skall fungera även då sambandet har låg kapacitet eller är intermittent, om än nödvändigtvis med reducerad kvalitet hos resultatet.

Detta informationstekniska problemområde kallas i litteraturen numera ofta *informationfusion*. Begreppet täcker de delar av *datafusionsprocessen* som är avsedda att ge beslutsfattare och analytiker stöd i arbetet med planering och genomförande av underrättelseinhämtning samt analys av underrättelser från alla källor.

Informationsfusion baseras bl a på modellering, simulering och resultatanalys i realtid av sammansättning, beteende, målstyrka och signaturer hos fiendliga förband. Vidare behöver man kunna beskriva relevanta egenskaper hos egen underrättelseledning, tillgängliga sensorer och den omgivande miljön, liksom växelverkan mellan alla dessa faktorer. Tidigare steg i datafusionsprocessen, i första hand s k *multisensordatafusion*, syftar främst till att genom kombination av information från flera sensorer och ibland flera sensortyper skapa en gemensam mållägesbild i form av etiketterade målspar eller liknande. Informationsfusionen är däremot inriktad på att utnyttja växel-spelet mellan sensorinformation, omgivningsinformation och kända egenskaper hos motståndarens plattformar, förband, organisation och doktrin för att underlätta och höja kvalitén i arbetet med att värdera och prognosticera fiendens förmåga och avsikter på kortare och längre sikt.

Huvuduppgiften inom detta område uppfattas ofta som att förbättra det administrativa datorstödet till underrättelseofficeren. Om denna rapport kan bidra till att sprida insikten att informationsfusion är en vetenskapligt grundad metodik som syftar, och når, väsentligt längre än så, har den tjänat ett viktigt syfte.

Området informationsfusion är komplext och tvärvetenskapligt, och idag bedrivs forskning med inriktning mot detta tillämpningsområde i mycket liten omfattning i Sverige. Internationellt blir det dock allt viktigare, och det är knappast någon överdrift att säga att det utgör den metodmässiga kärnan i koncept som *digitala stridsrummet* och de olika försvarsgrensvisioner som tagits fram inom *United States Department of Defence (US DoD)*.

FOA har goda förutsättningar att genomföra framgångsrik sådan forskning, eftersom det redan finns fungerande forskningsgrupper med relevant inriktning och god kompetens. Arbetet med denna typ av metoder har en tid legat i träda eftersom finansiering saknats, men under 1997 började forskningsprojektet *Styrning av spaningskapacitet* bygga upp sådana kontakter och sådan kunskap om försvarets taktiska underrättelseprocesser som är en förutsättning för framgångsrikt arbete på området. Detta arbete har under 1998 fortsatt som ett delprojekt inom projektet *Ledningsförmåga i den framtida markstriden*.

Delprojektet har hittills fått bedrivas mot i förhållande till problemets omfattning och komplexitet lågt ställda mål, men å andra sidan finns all anledning att börja en forskningsverksamhet med att noga sätta sig in i såväl tillämpningsområdets problem som de arbeten som tidigare gjorts på området. Varken sådan kunskapsuppbyggnad eller att generera idéer till hur en fokuserad forskningsinsats ska utformas är uppgifter som lämpar sig för stora projektgrupper. När man vill bygga fungerande system eller arbeta med att lösa konkreta tillämpade tekniska forskningsproblem behövs dock större resurser än vi hittills haft tillgång till.

Denna rapport och det delprojekt inom vilket den skrivits har ett *top-down*-perspektiv på data- och informationsfusion, till skillnad från de flesta texter inom området. Dessa är vanligen inomvetenskapligt eller rent tekniskt inriktade, och beskriver oftast lösningen av ett specifikt problem, som kan vara mer eller mindre tillämpat eller teoretiskt. Vi känner bara till en bok som har ett mer strukturorienterat budskap [15], men den lider enligt vår mening tyvärr brist på konkretion och ger en alltför abstrakt och samtidigt ytlig framställning för att vara att alltigenom rekommendera. Bokens inledande avsnitt ger dock en första inblick i hur man kan tänka sig att använda informationsfusion i markstridstillämpningar.

Vår ansats har varit att försöka skriva en text på vanligt språk, i stort sett utan matematisk formalism, som riktar sig till officerare och andra intresserade. Rapporten

- söker förklara begreppen data- och informationsfusion och sätta dem i sitt sammanhang i ledningssystemet,
- ger en översikt över öppen litteratur om informationsfusion, särskilt för tillämpningar inom taktisk, markstridsinriktad underrättelsetjänst,
- presenterar ett antal än så länge ganska löst utformade idéer till hur vissa metoder för informationsfusion skulle kunna utformas,
- och beskriver slutligen hur vi anser att arbetet med att lägga grunden till en demonstrationsanläggning för informationsfusion bör läggas upp.

I en demonstrationsanläggning skulle det vara möjligt att visa upp och i ett första steg utvärdera fusionsmetodik i olika taktiska scenarier. Eftersom problemet i sin fulla omfattning är mycket stort och komplicerat är det viktigt att lägga upp arbetet med att utveckla ett sådant system i väl avgränsade etapper, där resultatet av varje etapp demonstrerar en eller flera viktiga och för systemet nya principer eller funktionaliteter.

Rapporten behandlar bara en del av de metodproblem inom den taktiska underrättelsetjänsten som bör kunna behandlas med datavetenskapliga metoder. Vi har ändå inte kunnat undvika att denna rapport blivit ganska omfattande.

Innehållet i de olika kapitlen är i stora drag:

Kapitel 1, Ledningssystemet i framtiden

- förväntningar på en kommande *revolution in military affairs*, grundad på ny informationsteknik och inte minst radikalt förnyad underrättelsetjänst (*digitala slagfältet, sensor-to-shooter, dominant battlespace awareness (DBA)*)
- data- och informationsfusion som en nyckelteknologi för DBA
- kort notis om den s k SAIC-studien

- planerad verksamhet i vårt projekt

Kapitel 2. Information, modeller och mätningar: medel att beskriva vår verklighet

- varför metoder för informationsfusion måste grundas på djup kunskap om samspelet mellan modeller och mätningar
- att effektiv mobil kommunikation (dataöverföring) är en förutsättning för en sådan utveckling
- begreppet informationskvalitet och dess kritiska betydelse när man bygger viktiga slutsatser och beslut på resultat av mätningar och modellberäkningar
- varför vi anser att sådan metodik kommer att kunna få avgörande betydelse för framtida krigföring, grundat på tillräckligt noggrann och snabb inmätning och hotvärdering
- samt hur och under vilka förutsättningar det är möjligt att *dynamiskt* och *reaktivt* utnyttja information från många olika källor för att skapa en representation av fiendens handlingsmöjligheter

Kapitel 3. Underrättelseprocessen

- aktiviteter och skrifter som representerar nuläge och planer på kort sikt inom den svenska taktiska underrättelsetjänsten
- amerikansk taktisk underrättelsedoktrin (IPB-processen)
- något om ASAS, ett amerikanskt programsystem för analys och fusion av underrättelsedata

Kapitel 4. Datafusion

- vad är datafusion? Den s k JDL-modellen som delar in datafusionsprocessen i fyra eller fem delprocesser beskrivs kortfattat
- en översikt av utvecklingstendenser på datafusionsområdet, särskilt sett ur ett amerikanskt perspektiv
- några intressanta utländska datafusionsprojekt, bl a en beskrivning av NATOs Data Fusion Demonstrator, som kan tjäna som förebild eller jämförelseobjekt i vårt eget arbete
- presentation av ett urval av datafusionsforskningens aktörer inom och utom landet: var bedrivs datafusionsforskning i vid mening, inte minst på den civila sidan och inom universitetsvärlden?

Kapitel 5. Informationsfusion i den framtida underrättelseprocessen

- informationsfusion tillämpad på underrättelseanalys är en grund för att analysera taktiska underrättelser som liknar den tidigare beskrivna, manuella IPB-processen
- situations- och hotanalysen beskrivs mer ingående, särskilt den hypotesgenerering av möjliga framtida händelseutvecklingar som görs där
- problemet att allokera våra egna spaningsresurser diskuteras, först med utgångspunkt från IPB-processen, men också hur man vid resursallokeringen kan väga in motståndarens förväntade reaktion på våra egna spaningsstyrkors uppträdande

- vi berör därefter metoder för distribuerat beslutsfattande vid allokering av egna spaningsresurser
- avslutningsvis diskuterar vi hur beslutsfattaren kan ställa inkrementella underrättelsefrågor.

Kapitel 6. Utveckling av en demonstrator

Vårt projekt planerar att bygga upp en *demonstrator* som skall stödja utveckling, demonstration, analys och värdering av datafusionsmetoder för sammanvägning av spanings- och underrättelseinformation samt för samordning av egna spaningsresurser.

- en rad målsättningar för demonstratorn beskrivs
- olika arkitekturalternativ diskuteras, med sina för- och nackdelar
- slutligen görs ett resonemang om Försvarmaktens förväntade nytta av att satsa resurser på en sådan utveckling.

Rapporten avslutas med tre bilagor.

Bilaga 1 beskriver på ett översiktligt plan vilka sensoregenskaper och parametrar som är fundamentala för olika typer av sensorsystem i olika tillämpningar. Syftet med denna sammanställning är i första hand att presentera en checklista som ett första steg vid en översiktlig modellering av sensorer i en demonstrator för informationsfusion.

Bilaga 2 ger en översikt över ledningssystemprojekt i några olika länder. Informationen är inte helt aktuell, men kan ändå fungera som en referenspunkt när man vill orientera sig i denna internationella domän.

Bilaga 3 är en ordlista över termer och akronymer som vi använt i rapporten eller annars stött på och funnit viktiga i våra studier av ämnesområdet. Vi gör inga anspråk på fullständighet eller balans här, utan ordlistan har tillkommit enbart för att tjäna som ett stöd vid läsning av rapporten.

Per Svensson

delprojektledare

1. Ledningssystemet i framtiden

Detta inledningskapitel handlar om visionen av ett framtida militärt lednings- och underrättelsesystem som så effektivt och störningsfritt kan övervaka ett stridsområde och överföra relevant information till var och en som behöver den, att resultatet kan bli ett smidigt fungerande "supersystem", där varje förbands och delsystems förmåga på ett i realtid optimerat sätt stöds och förstärks av hela sin omgivnings resurser.

I avsnitt 1.1 refereras den amerikanske amiralen W A Owens vision om en *revolution in military affairs*.

I avsnitt 1.2 diskuteras tre faktorer som ständigt begränsat en befälhavares möjligheter att fatta de bästa möjliga besluten, nämligen komplexitet, osäkerhet och tidspress, samt hur den ny informationstekniken tenderar att förskjuta tyngdpunkten i denna problem-bild från osäkerhet och komplexitet mot ökad tidspress.

I avsnitt 1.3 diskuteras begreppet *informationsbehov* som grund för konstruktion och dimensionering av informations- och ledningsstödsystem. Vi hävdar att detta ofta använda begrepp baseras på en ofta alltför statisk bild av den komplexa och snabbt föränderliga omvärld som framtidens beslutsfattare måste uppfatta.

I avsnitt 1.4 försöker vi föra ett principiellt resonemang om informationskrigets möjligheter och konsekvenser.

I avsnitt 1.5 ger vi en översikt över svenska texter om data- och informationsfusion i det framtida ledningssystemet.

I avsnitt 1.6 görs en resumé av den s k SAIC-studien som genomfördes under första halvåret 1998, och som kan tjäna som exempel på hur ett framtida övervakningssystem som erbjuder *dominant battlespace awareness (DBA)* kan se ut. Den aspekt vi särskilt tar upp är naturligtvis hur SAIC-studien beskriver data- och informationsfusion i ett DBA-system.

I avsnitt 1.7 beskriver vi slutligen vilka konkreta uppgifter och problem inom ramen för ett framtida taktiskt underrättelsesystem vårt delprojekt åtagit sig att studera.

1.1 "A Revolution in Military Affairs"

På senare år har begrepp som *Digital Battlefield* [3] [31], *Dominant Battlespace Knowledge* [8], *Force XXI* [31], *sensor-to-shooter* m fl blivit flitigt använda i en växande litteratur om det framtida krigets teknik och taktik. Denna litteratur med sina begrepp och slagord är till del ett resultat av den utmaning som den förre vice stabschefen i USA, amiral W A Owens, har ställt den amerikanska militära organisationen inför [26]. Owens talar om en pågående *revolution in military affairs*, till stor del möjliggjord av redan genomförda tekniska investeringar, som under förutsättning av att organisationen kan anpassa sig till de nya möjligheterna, innebär att ett kvalitativt språng är nära förestående för den amerikanska nationens möjligheter att effektivt använda militär makt [8]. Owens har fångat upp dessa utvecklingstendenser och omvandlat dem till en sammanhängande vision för den amerikanska militära utvecklingen under kommande år. Sådana visioner finns nu formulerade för alla den amerikanska försvarsmak-

tens olika delar, och tillsammans bildar de en *Joint Vision 2010*, som i en PR-mässig form uttrycker vilka åtgärder *United States Department of Defense (US DoD)* och de olika försvarsgrenarna planerar för att realisera denna vision under det kommande decenniet.

Owens formulerar detta skeende som att man är i färd med att skapa ett *system of systems*, vilket han hävdar kommer att leda till ett amerikanskt kunskapsöverläge, *dominant battlespace knowledge*¹, ett “växande gap mellan USAs militära förmåga och vilken som helst motståndares beträffande medvetande och förståelse av allt som har militär betydelse på alla arenor där en konflikt kan tänkas utspelas”.

Det förvånar väl inte längre någon att modern informationsteknologi i bredaste bemärkelse spelar en central roll i denna förvandling. Ny informationsteknologi har möjliggjort och fortsätter att möjliggöra stora framsteg inom de tre centrala områden som Owens håller fram, nämligen:

- *intelligence, surveillance, and reconnaissance*, dvs underrättelseinhämtning, övervakning och spaning, inklusive nya metoder att hålla reda på vad de egna styrkorna gör. Utvecklingen på dessa områden leder till dramatiskt ökad förmåga att i reell tid och oberoende av väderförhållanden vidmakthålla medvetenhet om vad som sker inom ett stort geografiskt område.
- *command, control, communications, computer applications, and intelligence (C4I) processing*, som betecknar teknik och metoder med vars hjälp man kan överföra denna medvetenhet till en *förståelse* av vad som händer, och kommunicera denna förståelse snabbt, säkert och precist till de stridande styrkorna. Detta, som är en del av den komplexa verksamhet som i den svenska försvarsmakten kort och gott kallas Ledning, innefattar processer som målidentifiering, uppgiftstilldelning och resursallokering, och utgör det område där förståelse av stridsrummet förvandlas till uppgifter och uppdrag som är avsedda att påverka, kontrollera och dominera detta stridsrum.
- *precision force*, som innefattar precisionsstyrda vapen men är ett betydligt vidare begrepp, som betonar snabbhet och precision vid användning av alla slags styrkor. Här förvandlas den kunskap som skapats i de två förstnämnda processerna till handling och verkan.

Owens understryker att den samlade effekten av den pågående utvecklingen inom dessa tre områden lätt underskattas, eftersom vi tenderar att uppfatta framsteg inom respektive område som oberoende av och skilda från dem som sker inom de övriga. Men det är genom samverkan av alla förbättringar inom de olika områdena som den överlägsna slagkraften uppstår.

1.2 Komplexitet, osäkerhet och tidspress – ledningsarbetets grundförutsättningar

I tre essäsamlingar från slutet av 1980-talet samlade S E Johnson och A H Levis en rad uppsatser om hantering av komplexitet, osäkerhet och föränderlighet i militära led-

1. Ett närbesläktat begrepp med något lägre ambition ser man allt oftare, nämligen *Dominant Battlespace Awareness (DBA)*

ningssystem [35] [36] [37]. Flera av dessa artiklar är fortfarande intressanta, men det viktigaste bestående budskapet från dessa och andra arbeten är att de tre nämnda belastningsfaktorerna dominerar arbetsvillkoren för militära beslutsfattare i en krigssituation. Förmågan att hantera dem är ofta avgörande för beslutsfattarnas framgång eller misslyckande.

Vid FOAs Resultatkonferens den 9/3 1998 höll professor Berndt Brehmer, forskningsansvarig vid Försvarshögskolan, ett föredrag om effekterna av psykologisk belastning hos beslutsfattare och om vad som måste göras för att motverka dessa effekter. Forskning visar att de tre belastningsfaktorerna komplexitet, osäkerhet och tidspress har likartade effekter på beslutsprocessen: vid måttligt ökad belastning uppstår ofta en förbättring av prestationsförmågan, mer information/ökad komplexitet ger möjlighet till en mer realistisk omvärldsuppfattning, en viss grad av osäkerhet i informationen kan påminna om behovet av att disponera sina resurser för att kunna möta okända risker och krav på beslut inom en given tid kan driva fram ett mer systematiskt och fokuserat arbetssätt.

Men över en viss nivå av belastning inträder alltid en försämring av beslutens kvalitet, större ju högre belastningen är. Beslutsfattarens uppmärksamhet riktas alltmer mot själva belastningen och dess negativa effekter på honom själv, andra individer och grupper, och frågan om hur den ska kunna minskas tar över uppmärksamhet från den egentliga beslutssituationen. Kvaliten på besluten sjunker, och man får mindre självreflektion, mindre planering, mer stereotypa beslut, sämre kontroll över verkställandet, större risktagande, fler brott mot regler och större tendens att undvika eller fly från problem i stället för att ta itu med dem.

Brehmer underströk i sitt föredrag att det inte finns någon väg tillbaka. Informationsmängden kommer att fortsätta att öka, tidspressen kommer att bli än större och osäkerheten kommer att finnas kvar men anta andra former. Istället för brist på kunskap om fiendens gruppering kommer osynliga hot från smygfarkoster och intelligenta vapen, hot från taktiska missiler med extremt kort anflygningstid osv.

Det man måste göra för att motverka hotet mot ledningsfunktionen är att intensifiera arbetet med att integrera systemen, att skapa system av system, att anlägga ett mer integrerat synsätt av typ *sensor-to-shooter* på hur system ska byggas upp, samt att för ledningssystemen konstruera och presentera representationer som visar operatörens/ beslutsfattarens möjligheter, snarare än sedvanliga enkla lägesavbildningar. Sådana traditionella representationer degenererar lätt till ett myller av fientliga och egna målanguivelser, utlagda på en karta vars underliggande informationsskikt snart skymms av den snabbt ökande rapportmängden. I dagens ledningssystem på hög nivå saknas dessutom i regel automatisk målföljning och lägesuppdatering, vilket bland annat innebär att informationens kvalitet merendels är mer eller mindre okänd.

Ett annat intressant inlägg i diskussionen om den förändrade och ökande belastningen på beslutsfattaren har gjorts av Howard S. Marsh från MITRE Corporation [2]. Marsh menar att den militära beslutsfattaren historiskt sett har levt med mycket begränsade möjligheter att överblicka och förstå den omvärldssituation som han verkar i. Under det gångna seklet har stora ansträngningar gjorts för att ge beslutsfattaren tillgång till mer information, till en början genom att skapa nya tekniker för att samla in information, och senare genom att utveckla metoder för att sortera, aggregera och väga samman informationsfragment till mer fullständiga kunskapsrepresentationer. Enligt

Marsh har vi nu nått en punkt där *"the fog of war"* inte längre är den enda faktorn som begränsar beslutsfattarens situationsuppfattning. Arbetsmängden och komplexiteten som är förknippad med hantering av inmatad information kan idag vara lika viktiga problem som brist på information. Marsh presenterar en konceptuell modell för hur information omvandlas till kunskap och förståelse hos beslutsfattaren och beskriver principer för hur moderna ledningsstödsystem bör utformas för att på bästa sätt stödja denna process.

“Moderna ledningsstödsystem (*CAI systems*) innehåller viktiga automatiska funktioner till stöd inte bara för hantering av information utan också för filtrering, sammanställning och tolkning.

.. Som en följd av detta kan en beslutsfattares datorstöd bli omfattande och det kan ha förmåga att leverera starkt specialiserade och komplexa kunskapsprodukter... Resonemangsstöd är ett område som växer i betydelse i takt med att beslutsfattare ger sig i kast med alltmer komplicerade och tidskritiska beslutssituationer och får tillgång till stora mängder information som kan ge stöd i dessa situationer.”

Ett värdefullt bidrag i denna artikel är den översikt som författaren ger av den nya teknikens risker och utmaningar:

- det finns en risk för att beslutsfattarens verklighetskontakt försvagas därför att systemens kunskapsprodukter består av intensivt bearbetad - "förädlad" - grundinformation som inte kan förmedla alla aspekter som kan ligga dolda i råmaterialet
- ett annat problem är att beslutsfattaren kan få en falsk uppfattning av giltigheten eller osäkerheten i den bild som presenteras, därför att denna avsiktligt getts en enkel och lättuppfattad form; om presentationen bygger på maskinell slutsatsdragning är det därför mycket viktigt att osäkerheten i denna process utvärderas på ett korrekt sätt parallellt med att själva slutsatsen byggs upp; att finna metoder för att överföra innebörden av denna osäkerhet till operatören blir därmed en viktig uppgift
- ju mer anpassat systemet är till sin uppgift och ju mer aggregering och integrering som ingår i dess informationsbearbetning, desto större är risken att resultatet bestäms lika mycket av inbyggda förutfattade föreställningar som av den verkliga tillgängliga informationen; exempel är inte svåra att finna, bl a i den beryktade Vincennes-incidenten där ett iranskt passagerarplan sköts ned sedan ledningssystemet Aegis klassat dess flygbeteende som hotfullt
- om man söker alltför ivrigt efter en företeelse kan man som bekant finna den trots att den inte egentligen finns; både självbedrägeri och avsiktlig vilseledning blir potentiella risker när användaren kommer på ett allt större avstånd från grundinformationen och istället förlitar sig på högradigt bearbetad information
- slutligen kan det finnas en risk för att beslutsfattares förmåga att fatta beslut på grundval av enbart fragmentarisk information och grova uppskattningar kommer att minska till följd av att de blivit vana vid att ha tillgång till ett detaljerat beslutsunderlag och inte tränats att klara sig med osäkra lägesuppskattningar

Detta är viktiga påpekanden, som otvivelaktigt bör uppmärksammas vid planering av svensk forskning inom ledningsområdet. Vi tycker oss emellertid ha uppfattat en tendens hos en del aktörer att vilja se analys av riskerna med den tekniska utvecklingen på ledningsområdet som de enda verkligt viktiga forskningsfrågorna på området. Man bortser då från behovet av forskning kring själva bearbetningsmetodiken. En sådan syn

kan enligt vår mening leda allvarligt fel, eftersom många av de aggregeringsmetoder och modelleringsförfaranden som idag används uppvisar stora brister, bl a när det gäller adekvat hantering av osäker information, men också när det gäller verifiering och validering av resultatets kvalitet i allmänhet. Med andra ord, flera av de risker som diskuterats ovan kan bara hanteras effektivt genom att bearbetningsmetoder och modeller utvecklas vidare och i många fall baseras på mer avancerade teorier.

Omvänt, bättre teoretisk förståelse av metodiken är en förutsättning för att kunna vidareutveckla beslutsstödet medan man håller kontroll på de risker som vi just diskuterat. Än allvarligare blir fixering vid den nya teknikens risker på längre sikt, eftersom den tenderar att hindra engagerat forskningsarbete med sikte på att utveckla nya informationstekniska metoder för bland annat datorstödd situations- och hotanalys. Sådan utveckling är en av grundstenarna för den revolution inom krigskonsten som allt oftare nämns som den viktigaste uppgiften för utvecklingsarbetet inom USAs försvarsmakt. Det finns, som Brehmer påpekade, ingen väg tillbaka.

1.3 Vilken information behöver beslutsfattaren?

I vårt land har värdet av det naturvetenskapliga synsättet ofta ifrågasatts vid resonemang om militär ledning. Man har hävdats att ledning väsentligen är en fråga om att chefen utan dröjsmål får tillgång till den information han behöver för att kunna analysera läget och därefter fatta beslut, och omvänt, att chefens intentioner och beslut effektivt kan kommuniceras till underställd personal. Men man har enligt vår uppfattning alltför ofta undvikit att analysera den kanske allra viktigaste frågan, nämligen om, och i så fall hur, man verkligen kan ta fram den information som beslutsfattaren egentligen skulle behöva. Den informationen kommer inte utan vidare att finnas tillgänglig, för om den gör det har motståndaren gjort ett dåligt jobb.

Därför tror vi att det vore klokt att, åtminstone vid diskussion av forskning om ledningssystem på högre nivåer, överge ambitionen att apriori definiera "den information beslutsfattaren behöver", och i stället acceptera att rätt information i krig alltid är en bristvara och dessutom en nyttighet med många komplicerade dimensioner, som inte låter sig varken kommenderas eller improviseras fram, utan i stället måste skapas genom uthålligt, målmedvetet och kreativt arbete, både före (ofta långt före) och under ett pågående stridsförlopp.

Vilken information beslutsfattaren i framtiden kan få tillgång till, och därefter framgent kommer att behöva, vet man inte säkert i förväg, och alldeles särskilt inte i en situation som den som råder just nu, med Owens' revolution vid horisonten. Man kan ju inte gärna hävda att man behöver information som man aldrig trots skulle kunna finnas tillgänglig; hur uppfattade en läkare sitt informationsbehov före upptäckten av röntgenstrålarna?

Stark och berättigad kritik, ibland grundad på empiriska vetenskapliga undersökningar, har riktats mot ledningsstödsystemens effektivitet och brist på fokusering på de aspekter som är verkligt viktiga i den komplexa process som ledning av stridskrafter är (se t ex kap. 2.5 i [30]). Denna kritik tror vi att man måste ta på stort allvar, men reaktionen bör inte enbart vara att man försöker förbättra systemens tillgänglighet och begriplighet, vilket naturligtvis är angeläget och nödvändigt, utan strategiskt sett är det faktiskt ännu viktigare att man analyserar hur systemens funktionsinnehåll och analysjälpme-

del kan *utvecklas* i nära samverkan med utvecklingen av sensorsystem, databaser och samband. Detta innebär just att man satsar på utveckling av metodik för informationsfusion.

Man kan nog påstå att tekniker och naturvetare till stor del har sig själva att skylla när de så engagerat drivit fram synsätt och produkter som varit otillräckligt anpassade till den omgivning och de människor som skall använda dem. Forskningsvärlden inom IT-området har också fler än en gång lanserat nya fantastiska visioner och ibland lyckats locka till sig stora forskningsinsatser på alltför svaga grunder (två exempel är AI-korståget i början av 1980-talet och - i mindre skala - hårdlanseringen av neuronäts-tekniken några år senare). Ivern att sälja dessa nya idéer, som i många fall faktiskt har en stor potential att förändra vårt arbete och våra liv, men som måste få utvecklas och mogna i den takt som forskningens begränsade mänskliga kapital kan hantera, har i dessa fall under en tid förblindat både producenter och konsumenter av forskning och utveckling, med en oundviklig negativ reaktion som följt när det visat sig att de rundhända löftena inte kunde infrias. Det största fel som exempelvis 1980-talets AI-profeter gjorde är inte att de for med osanning om teknikens framtida möjligheter, utan att de gav omvärlden falska föreställningar om hur mycket arbete och hur lång tid som återstår innan deras idéer kan omsättas i väsentligt förbättrade kommersiella produkter.

Å andra sidan skiljer sig IT-utvecklingen som bekant från all annan teknisk utveckling i det fundamentala avseendet att prestanda/prisförhållandet, och därmed för användaren tillgänglig kapacitet, växt exponentiellt sedan 1960-talet, och sedan omkring 1970 med en fördubblingstid på ca 18 månader (Moore's lag [1] [51]). Detta har i sin tur medfört en ekonomisk vitalitet som gjort det lönsamt att för en snabbt växande marknad successivt utveckla alltmer avancerade och omfattande funktioner och system. Erfarenheter av gårdagens IT-system är därmed en måttstock av begränsat värde (men naturligtvis fortfarande relevant i vissa avseenden) vid bedömning av dagens produkter, för att inte tala om möjligheterna i framtiden.

1.4 Informationskriget - ett principresonemang

Ur ett naturvetenskapligt-tekniskt perspektiv har krigföring historiskt till stor del bestått i att förstöra såväl materia som människor av sådant värde för motståndaren, att han upplever fortsatt motstånd som meningslöst. De enorma möjligheter till sådan förstörelse som utvecklats under 1900-talet, har varit trubbiga och ospecifika och inte erbjudit den flexibilitet som maktägarna antagligen skulle ha önskat. Informationsteknologin (i vidaste mening) erbjuder emellertid principiellt nya möjligheter att ändra på detta, i den meningen att man under vissa förutsättningar med dess hjälp kan ta reda på, och hålla reda på, detaljerad information om motståndaren "i varje ögonblick".

Det vi nu kan diskutera är om detta är en möjlig respektive trolig utveckling. Möjlig är den bara om det är sant att det kommer att gå att övervaka motståndarens resurser så i detalj att deras läge alltid är tillräckligt väl känt för att de skall kunna bekämpas effektivt. Om resursens kvalitet eller värde för motståndaren är lika väl känd som dess position och hastighet får man dessutom möjlighet att uppnå hög stridsekonomisk effektivitet.

Om den egna sidan därtill har tillgång till tillräckligt många, fjärrverkande, fjärrstyrda eller autonoma vapen, som med stor snabbhet och precision samt hög selektivitet och

energitäthet kan verka mot en motståndare, så måste denne för att inte elimineras ha ständig tillgång till ett effektivt antirobotförsvar, eller effektivt kunna störa ut både överförd och lagrad information. Det är inte troligt att vare sig mekaniskt skydd eller rörlighet kan förhindra bekämpning i framtiden.

En sådan utveckling skulle gynna svenskt försvar förutsatt att kostnaden för de nya intelligenta vapnen är så låg att de kan användas i massupplaga även av en relativt liten, men tekniskt avancerad, försvarsmakt. Det förfaller då som om endast ett överraskande strategiskt överfall vore motståndarens enda reella möjlighet att nå framgång: att eliminera eller förlama försvarsorganisationen innan den hunnit aktiveras. Kan den då istället vara ständigt beredd, så att denna möjlighet bortfaller? Bara om materielen kunde skötas av en mycket liten personalstyrka vore detta möjligt, påminnande om organisationen för de strategiska missilssystem som utvecklades under det kalla kriget.

Men nu förväntar vi att de nya vapensystemen får sin effektivitet inte av ett övermått av förstörelseenergi, utan av sin förmåga att leverera precis så mycket energi som behövs för att förstöra ett mål, just dit där det befinner sig. Poängen skulle ligga i att man ersätter sprängkraft med maskinell intelligens och precision hos små, styrda vapen som kan framställas i stort antal och föras fram av autonoma eller fjärrstyrda vapenbärare. Ur ett perspektiv kommer kriget att kunna beskrivas som ett slags matematiskt planeringsproblem - som bara kan hanteras med datorhjälpmedel - nämligen hur man dynamiskt allokeringar alla dessa resurser till sina respektive mål, så att stridseffekten maximeras.

Den avgörande frågan är naturligtvis: mot vilka hot behöver vi ha beredskap? Om motståndaren har ungefär samma struktur, kanske med lite lägre kvalitet och mycket större kvantitet, så tycks inte mycket vara vunnet. Man kan föreställa sig att, i ett symmetriskt utvecklingsläge, hans möjligheter att förstöra våra civila, oskyddade resurser är närmast obegränsade, och att den enda möjligheten vore att uppnå *mutual assured destruction (MAD)*, och därmed måhända få avskräckning till stånd.

Om vi däremot antar att en utvecklingsmässig symmetri inte råder, dvs att vi genom ständig teknisk förnyelse kan hålla ett försprång gentemot motståndaren, t ex beträffande hur snabbt vårt system kan reagera eller hur träffsäkert och därmed stridsekonomiskt effektivt det är, så borde en god försvarseffekt kunna uppnås under ganska lång tid.

Om vi å andra sidan avstår från att utrusta oss med denna teknik men potentiella motståndare väljer att göra det, så ökar deras möjligheter att åstadkomma "kirurgiska" ingrepp, riktade mot oss, mycket starkt.

Är denna vision av den framtida militära tekniken trolig och trovärdig? Svaret beror förstås starkt av hur man ser på värdet av och möjligheter med ett militärt försvar överhuvud taget. Ska det skydda landet mot invasion och/eller strategiskt överfall av traditionellt slag? Ska det skydda mot infiltration? Mot fysisk förstörelse? Eller är det främst avsett att markera vår försvarsvilja? Att skapa och tillhandahålla resurser för internationella "polisaktioner" långt från hemlandet?

Om vi antar att det viktigaste målet är att visa beslutsamhet att försvara landet så blir slutsatsen att detta kräver en ständigt pågående utvecklingsprocess. Under perioder med låg sannolikhet för krig och konflikt i vårt närområde behöver utvecklingen främst

vara analytisk och kvalitativ - man måste studera möjliga konfliktscenarier och utveckla metodik och materiel som kan möta kraven från dessa. Det är i ett sådant perspektiv vi skulle önska att forskning kring datafusionsmetoder för underrättelsesystem ingick som en naturlig del.

1.5 Data- och informationsfusion – kärnan i begreppet “det digitala stridsrummet”

En utmaning vid utvecklingen av det militära ledningssystemet består i att utveckla förmåga, inklusive metodik och teknik, för att skapa och välja rätt information, samt att omvandla den till meddelanden som människan kan förstå och hantera, och som samtidigt kan hjälpa henne att tillräckligt snabbt fatta ändamålsenliga beslut. Informationsteknik (i första hand programvara) som stöder den första delen av denna process, som innebär att i realtid skapa en korrekt och för beslutsfattaren adekvat lägesuppfattning, brukar kallas *system för data- och informationsfusion*, där den senare termen ofta reserveras för de sk högre nivåerna av datafusionsprocessen, dvs processer som ligger närmare underrättelsebearbetning än sensordatabehandling (se avsnitt 4.1).

För att åstadkomma detta behöver ledningssystemet möjliggöra att information förs in i dess informationsbearbetningsprocesser från många olika håll, oberoende av källans nivå i hierarkin. Spanings- och analysresurser behöver kunna efterfrågas från alla slags stridande förband. Systemet måste, i dialog med sina användare, kunna föreslå goda lösningar på de resurskonflikter som kommer att uppstå. Systemet skall fungera även då sambandet har låg kapacitet eller är intermittent, fast resultatets kvalitet då i regel måste bli lägre.

Många gånger måste beslut i en stab fattas under osäkerhet, med ofullständiga, felaktiga eller uteblivna sakuppgifter. Samtidigt finns risk för att alltför mycket information presenteras, och i detta fall måste filtrering och bortsortering ske. Information behöver snabbt kunna sammanställas eller sönderdelas (disaggregeras) för att passa till den aktuella beslutssituationen. Ledningsstödsystemet kan förses med egen initiativförmåga för att automatiskt generera signaler som uppmärksammar befattningshavaren på särskilt viktiga företeelser och tillstånd.

En läsvärd inledning till behoven av datafusion och beslutsstöd i framtida ledningssystem finns i [4]. Följande båda citat är hämtade därifrån:

“Informationsteknologin ändrar dramatiskt slagfältmiljön i riktning mot det digitala och fragmenterade slagfältet. På det digitala slagfältet kan varje enhet i de egna styrkorna ges en förenlig bild och ett förenligt medvetande om den rådande situationen. Målbekämpning kan överlåtas från en styrka till en annan under ett stridsförlopp. En risk ligger dock i att bli beroende av stora centralstyrda system.”

“Redan under de närmaste åren förväntas ett ökat användande av datafusionsmetoder när det gäller situationsanalys, hotanalys och beslutsstöd. I det lite längre perspektivet (efter år 2010) tillämpas integration av olika datafusionsmetoder till system som får förmåga till både resonemang och inlärning. Detta möjliggör adaptiva resonerande system för att hantera osäker, ofullständig och motstridande information.”

På det digitala slagfältet kommer striden att föras i avgränsade zoner inom hela ytan och tredimensionellt [3] [4]. Varje stridsenhet ges en bild av stridsläget som är förenlig med alla andra enheters. Många sensorer av olika slag kommer att kunna bringas att

samverka för att åstadkomma bättre identifiering och målföljning och för att möjliggöra säkrare situations- och hotvärdering. Förutom tillgång till ett fungerande mobilt nätverk som knyter samman alla sensorer, är ett tillförlitligt igenkännings- och positionsbestämningssystem (*IK/POS-system*) en förutsättning för att kunna utnyttja det digitala slagfältets potential.

Denna vision förutsätter att det är möjligt att utveckla system som medger att marklägget i stridsrummet kan detaljföras och distribueras till de stridande enheterna på motsvarande sätt som sker idag i luften och till sjöss. Ur den lägesbild som växer fram med hjälp av sådana datafusionssystem får man en dynamisk beskrivning av läge, hot och möjliga motåtgärder. För insatsbeslut krävs normalt växelverkan med mänskliga beslutsfattare. De problem som är förknippade med att tillämpa sådana metoder i markstridstillämpningar är dock många och i stor utsträckning ännu olösta.

Utvecklingen av metoder och tekniker för *beslutsstöd* för ledning av operationer kommer alltmer att inriktas på att åstadkomma optimerat, samordnat utnyttjande av spanings-, sensor-, plattform- och vapenresurser. Genom att utnyttja tillgång till sekundaktuell information om tillgängliga resursers positioner, tillstånd och åtgärds-möjligheter kommer det efterhand att bli möjligt att styra resurser automatiskt och på ett sådant sätt att ett i förväg beslutat optimeringskriterium uppfylls. Härigenom kan man utnyttja obemannade vapen och plattformar effektivare. Bemannade plattformar kan ges ett bättre underlag för t ex förflyttning, manövrering, gruppering, sensorutnyttjande och vapeninsats.

Ett viktigt begrepp inom forskningen kring dessa frågor är (maskinell) *reaktiv planering*, som rör utveckling och värdering av metodik som skall möjliggöra fortlöpande omplanering i realtid av mer eller mindre komplexa uppgifter. Ett exempel på hur vi människor tillämpar den manuella motsvarigheten till reaktiv planering är när en bilförare i rusningstid upptäcker att den väg han vanligen använder är blockerad av trafikstockningar, och därför väljer att köra en omväg via en avtagsväg som han annars just skulle ha passerat.

Utvecklingen innebär alltså att det militära ledningssystemets resurser i form av förband, sensorer, vapen och samband kommer att kunna utnyttjas för snabba, överraskande och improviserade insatser [4]. Dessa möjligheter kommer sannolikt i sin tur att driva fram en radikal förändring av stridskrafternas utformning och sammansättning, som en oundviklig konsekvens av att precis information blir mer eller mindre ögonblickligt tillgänglig både för lednings- och verkansprocesserna.

Effektivitet och slagkraft kommer som en följd av den skisserade utvecklingen att kunna öka dramatiskt, men samtidigt ökar också potentialen för nya typer av störningar och påverkansformer. Det relativt nya begreppet *informationskrigföring* betecknar en strävan att utnyttja denna potential. Det faktum att en mängd nya påverkansformer är möjliga innebär dock inte nödvändigtvis att de är oundvikliga. Istället har vi som vanligt en duellsituation mellan medel och motmedel. Viktiga förutsättningar är gott skydd mot såväl "konventionell" telekrigföring som fysisk bekämpning. Skydd mot nyare typer av hot, som t ex datavirus och obehörigt intrång i datasystem, krävs också.

En intressant svensk text är [5], som understryker behovet av informationstekniskt stöd för underrättelseprocessen. Ur denna citerar vi:

“Vad vi är ganska bra på i Sverige är teknologi för datainsamling och kommunikation. ... Den stora utmaningen ligger emellertid i förmåga och teknologi för att välja rätt information och att omvandla den till kunskap som människan kan hantera och ha direkt nytta av i sin uppgift. ...

Effektiv ledning kommer alltid att vara beroende av människans/beslutsfattarens skicklighet, men en lika grundläggande förutsättning är naturligtvis tillgång till adekvat information om egna möjligheter, om motståndarens kapacitet och taktik samt om vad som händer på stridsfältet. Kvaliteten på denna information, liksom på sättet att kommunicera den till beslutsfattaren, blir avgörande för kvaliteten på besluten oavsett hur hög kompetens ledningspersonalen har. ...

Ett IT-hjälpmiddel som kommit i ropet som ett av de viktigaste för framtiden är *s k datafusion*, en teknologi som i hög grad kan underlätta bearbetningen av information. ... Syftet är dels att nedbringa mängden redundant information och dels att höja säkerheten i identifieringen av företeelserna. Området är till stora delar utvecklat idag och en stor teknisk utmaning. ...

Datafusion och abstraktion är kanske de viktigaste funktionerna för att reducera/förädla situationsinformation till ett anpassat beslutsunderlag. ...

Datafusionen är en mycket komplicerad funktion om man vill göra mer än att bara jämföra data av samma typ (exempelvis geografiska lägen och identiteter). I begreppet ligger också att sammanföra olika typer av information om samma företeelse så att en högre abstraktion kan bildas av dessa.”

En konsekvens av utvecklingen inom sensor-, kommunikations- och databehandlingsteknik är att grundläggande förutsättningar successivt skapas för att *maskinellt* observera och mäta när, var och hur en motståndare uppträder, att överföra och därefter mer eller mindre automatiskt väga samman ett mycket stort antal olika tidsvariabla fakta till en helhetsbild med känd och i regel hög kvalitet, samt att *reaktivt* planera var och hur man bäst allokerar sina resurser i förhållande till motståndarens nuläge och förväntade, respektive möjliga, uppträdande.

Inom sensornära delar av datafusionsområdet förekommer idag en snabbt växande forskningsverksamhet i Sverige. Vid både FOA och Celsius Tech Systems (CTS) har forskning och utveckling inom området *multisensordatafusion* bedrivits sedan mer än tio år, och CTS har levererat avancerade datafusionssystem till svenska och utländska kunder. Även vid FOA har en stor del av verksamheten behandlat sensornära frågor [43]. SAAB Gripen och Ericsson Microwave Systems bedriver också verksamhet på området.

Ämnet för denna rapport är ett annat, nämligen att belysa hur en underrättelsestab på hög taktisk nivå ska kunna få stöd i sitt arbete med att planlägga anskaffning av, bearbeta och conceptualisera information om ett fientligt hot under ett pågående dynamiskt stridsförlopp. Sensorer och multisensorsystem har viktiga roller som “underleverantörer” till denna process, men vårt fokus är alltså frågan hur man kan utforma en adekvat datorstödd metodik för modellering, skattning, representation, tolkning och prognostisering av hotets omfattning, struktur, beteende och handlingsmöjligheter, utgående från vad som är känt om fiendens läge och doktrin.

Studier av detta problemområde, vars olika delar i datafusionslitteraturen (t ex [13], [14], [15]) ofta kallas *situationsanalys*, *hotanalys* och *resursadaptation* (se avsnitt 4.1),

måste baseras bl a på modellering, simulering och resultatanalys av sammansättning och beteende hos fiendliga förband, liksom på relevanta delar av tillgänglig underrättelseinformation, egenskaper hos egen underrättelseledning, tillgängliga sensorer och signalerna från dessa, samt inte minst den omgivande miljön. Informationsfusion är ett komplext och tvärvetenskapligt forskningsfält, och idag bedrivs försvarsforskning inom detta område i alltför liten omfattning i Sverige för att vi skall kunna hänga med i den tekniska utvecklingen inom ledningssystemområdet. Internationellt blir det dock allt viktigare, och det är knappast någon överdrift att säga att det utgör den metodmässiga kärnan i koncept som digitala stridsrummet och de olika försvarsgrensvisioner som tagits fram inom US DoD.

Men att tekniska och vetenskapliga förutsättningar kommer att finnas innebär ju inte utan vidare att de också kommer att uppmärksammas och rätt utnyttjas. Vi vill istället påstå att svensk försvarsforskning, som varit och är mycket duktig på att framställa teknik, kunskap och även produkter inom sensortekniska områden, endast sent och tveksamt givits möjlighet att angripa frågor som rör integration och samutnyttjande av all tillgänglig underrättelseinformation.

1.6 Ett exempel: SAIC-studien

Under våren och sommaren 1998 genomförde det amerikanska konsultföretaget SAIC, som specialiserat sig på att sälja kunskaper och studier till US Department of Defense, en omfattande studie på uppdrag av den svenska regeringen. Studien, som kom till stånd efter diskussioner mellan SAIC och Försvarsmaktens strategiavdelning, kallas *Dominant Battlespace Awareness for the Swedish Armed Forces 2020*, och är en framtidsstudie som beskriver hur ett framtida svenskt försvar, baserat på DBA-konceptet, skulle kunna vara beskaffat.

Metodiken för studien var baserad på simulering. Tre olika scenarier levererades av Försvarsmakten. De spände över olika tänkbara konflikttyper, från en svår konflikt med en organisation för storskalig, organiserad brottslighet som antogs ha smuggling av varor och människor som specialitet, till ett begränsat angreppskrig.

Eftersom studiens syfte var att studera ett DBA-system för Sverige, utvecklades först en övervakningsarkitektur, utformad för att kunna upptäcka och följa alla militärt relevanta operationer i Sveriges närområde, såväl på ytan som i luften och under vattenytan. Luft- och markmålssensorerna i denna arkitektur var i första hand uppbyggda kring ett tiotal s k *aerostater*, stora, förankrade, seglande ballonger på ca 6000 meters höjd, som var och en kan bära ett antal avancerade elektroniska övervakningssensorer, främst fasstyrda radarsystem men också reläfunktioner för i målområdet utplacerade marksensorer av olika slag (*UGS, Unattended Ground Sensors*).

I samverkan med Försvarsmakten gjorde SAIC sedan en ansats att beskriva de militära resurser som motståndaren förväntades besitta i de olika scenarierna. Baserat på det mest krävande scenariet genererades därefter ett detaljerat simuleringsscenario för SAIC:s simuleringssystem *Judy*, som med utgångspunkt från de antagna fiendliga förflyttningarna och vapeninsatserna beräknade sannolika värden för de tidpunkter och lägen då dessa upptäcktes respektive identifierades och följdes av DBA-systemet.

Med utgångspunkt från dessa uppgifter gjordes slutligen en bedömning av i vilken grad DBA-målet hade uppnåtts, dvs hur stor andel av de olika målen som kunde upptäckas, identifieras och målföljas med tillräcklig precision och i tillräckligt god tid för att framgångsrika motåtgärder skulle kunna sättas in. Eftersom studien enbart omfattade DBA-funktionen simulerades inte dessa motinsatser, och någon detaljerad beskrivning av för motinsatserna erforderliga vapenresurser gjordes inte heller. Däremot gör studieresultatet det möjligt att göra en bedömning av vilka och hur stora sådana resurser som skulle krävas för att framgångsrikt försvara de svenska intressena i de olika scenarierna.

Resultatet av en studie av detta slag riskerar naturligtvis att hamna vid sidan av beställarens egentliga behov. För att kunna värdera och påverka studieresultatet under projektets gång hade Försvarsmakten utsett en granskningsgrupp med medlemmar från Försvarsmaktens högkvarter, FOA och FMV. Denna grupp gavs tillfälle att i direkt dialog med projektgruppen granska och kritisera preliminära studieresultat samt föreslå justeringar av studiens uppläggning. Inte minst tack vare detta nära samarbete kunde SAIC leverera ett resultat som både översiktligt och i detalj beskriver den föreslagna DBA-funktionens uppbyggnad och prestanda, samt ger en omfattande men ändå åskådlig dokumentation av simuleringsresultaten.

Ett område som under studiens gång identifierades av granskningsgruppen som ett av de mest kritiska för DBA-konceptets genomförbarhet är arkitekturens förmåga att utföra informationsfusion i realtid, under ett intensivt inflöde av olika sensor- och underrättelserapporter. Man lyckades övertyga SAIC om att deras ursprungligen planerade beskrivning av detta område behövde utökas väsentligt. Det avsnitt på ca 9 sidor av SAICs slutrapport som behandlar fusionsarkitekturen ger en allmän beskrivning av kunskapsläget inom informationsfusionsområdet samt beskriver översiktligt de huvudsakliga programvarukomponenter som ett på informationsfusion baserat DBA-system idag tänks bestå av.

Avsnittet innehåller också prognoser för utvecklingsläget för fusionssystem för DBA år 2005, 2010 och 2020. Budskapet här är att medan man för år 2005 bör räkna med att informationsfusionen i huvudsak måste utföras manuellt, med de kapacitets- och funktionsbegränsningar detta oundvikligen innebär, kommer forsknings- och utvecklingsläget år 2020 att möjliggöra ett nära nog helautomatiskt fusionssystem. År 2010 bör man enligt SAIC-studien kunna räkna med att de mest personalkrävande funktionerna inom områdena identifiering, korrelering och registrering har automatiserats. Observera att det här till stor del rör sig om långt rikligare och mer komplex information än den som hanteras av dagens övervakningssystem för luft- och sjölägesinformation.

1.7 Planerad verksamhet i delprojektet “Datafusion i den taktiska underrättelseprocessen”

Delprojektet *Datafusion i den taktiska underrättelseprocessen* inom projektet *Ledningsförmåga i den framtida markstriden* avser att visa på möjligheter att med hjälp av metoder för informationsfusion förbättra tillgänglighet, svarstid och kvalitet på det beslutsunderlag som tas fram av underrättelsefunktionen på hög taktisk nivå. Det skall studera och utveckla metoder för samordning och sammanvägning av spanings- och underrättelseinformation samt ge förslag till hur sådana metoder ska kunna inordnas i och utnyttjas inom ramen för ett framtida distribuerat ledningssystem. Delprojektet vill

på så sätt ge underlag för planeringen av framtida taktiska underrättelsesystem, och därmed bidra till att höja deras effektivitet.

Delprojektet avser att bygga upp, utvärdera och demonstrera en “provbänk” som skall stödja utveckling, demonstration, analys och värdering av datafusionsmetoder för sammanvägning av spanings- och underrättelseinformation samt för samordning av egna spaningsresurser. Med hjälp av denna probbänk skall ett antal metoder för *spaningsresursallokering*, *sammanvägning* och *tolkning* formuleras, realiseras, utvärderas och demonstreras. Detta skall ske med hänsyn till att staber och förband oftast har många samtidigt underrättelsefrågor att prioritera och behandla. Metodiken skall också ta hänsyn till behovet av att beslutsfattande skall kunna ske distribuerat, dvs med viss grad av samordning utan strikt hierarkisk styrning. Metoderna skall där så är möjligt utformas för att hantera osäker, ofullständig och motstridig information.

En viktig del av utvecklingen rör val av metodik för presentation och interaktion mellan människa och system som kan underlätta kritisk analys och förståelse av det sammanvägda resultatet. Det rör sig då inte om ergonomi i klassisk bemärkelse, utan om att välja lämpliga visualiseringsmässiga representationer för olika slags abstrakta objekt som kan vara resultat av datafusionsprocessen, exempelvis ett tredimensionellt sannolikhetsfält eller en trolighetsgraderad mängd av fientliga förflyttningsoptioner.

Empiriska studier för att i detalj avgöra vad som kan anses vara bästa sättet att representera sådan information i en operativ stab ingår däremot inte i delprojektets uppgift. Vi anser att sådana studier lämpligen bedrivs på ett senare stadium sedan man genom prototypstudier kommit fram till ett antal konkreta förslag till vilka processer och objekttyper som behöver styras respektive presenteras.

Under arbetets gång skall information om nya tekniska möjligheter fortlöpande delges kunden i form av seminarier och andra presentationer. FOAs kompetens inom området skall successivt förstärkas. Medlemmar i projektet skall beredas tillfälle att delta i det internationella “vetenskapliga samtalet” inom datafusionsområdet, vilket sker på normalt sätt genom deltagande i symposier och publicering av resultat vid konferenser och i tidskrifter.

1.7.1 Problemtyper

Exempel på problemtyper som är viktiga att studera är:

- hur kan man ge berörda beslutsfattare möjlighet att via nätet *ställa* en sekvens av *underrättelsefrågor*, successivt *få tillgång till* inlämnade *delresultat*, att *sammanställa* och *analysera* dessa samt därefter *ställa nya frågor* med ledning av gjorda analyser?
- hur skall man åstadkomma att fördelningens totala underrättelsematerial, liksom de olika företag som pågår för att förbättra det, ständigt är *tillgängligt* och *överblickbart* av de beslutsfattare som behöver denna information?
- vilket informationstekniskt stöd kan ges till und-funktionens *analys-* och *tolknings-*processer i en underrättelsestab?
- hur skall (partiell) information från olika sensortyper, inklusive mänskliga iakttagelser, *samordnas* och *sammanvägas* med varandra och med tidigare känd (databas)information

- hur skall tillgängliga spaningsresurser *disponeras* och *inriktas* på kort och längre sikt för att resurserna ska utnyttjas på bästa sätt?
- hur ska man behandla det faktum att man mycket ofta har att göra med *oskarp* och *osäker* information, ibland gällande samma företeelse som har observerats och aggregerats längs mer än en rapporteringsväg i hierarkin?
- på högre nivåer måste finnas möjlighet att se information med *olika aggregeringsgrad* (motsvarande beslutsunderlag på olika beslutsnivåer) samtidigt, i olika vyer. Hur skall en sådan presentation vara utformad för att ge möjlighet att “zooma” i informationshierarkin på ett sätt som ger beslutsfattaren möjlighet att uppfatta samband mellan information på olika aggregeringsnivå?

2. Information, modeller och mätningar: medel att beskriva vår verklighet

För att kunna föra en initierad diskussion om möjligheter med och nytta av teknisk utveckling för framtida militär ledning behöver man enligt vår mening först göra en kort exposé över naturvetenskapens sätt att beskriva vår värld, liksom över de metoder som dessa vetenskaper utvecklat under århundraden för att kunna avgöra om ett resultat av ett försök eller en observationsserie skall anses bärkraftigt och värt att införliva i vetenskapens kunskapsbank.

I detta avsnitt ska vi därför mycket kort diskutera de tre grundläggande begreppen information, modeller och mätningar i ett integrerat, nätverksbaserat ledningsstödsystem.

En anledning bland flera att vi anser detta vara viktigt är att det naturvetenskapliga sättet att beskriva världen på senare tid ofta och allt mer radikalt har ifrågasatts (se t ex [32]), samtidigt som praktiska konsekvenser av denna världsbild i form av kraftfullare och samtidigt mer komplexa produkter, eller för den delen, allt allvarligare globala miljöproblem, får en ständigt växande betydelse för våra liv.

Ett annat skäl är att de metoder vi i fortsättningen kommer att introducera och diskutera alla bygger på naturvetenskapligt-matematiska principer, och vi kommer att utgå ifrån att dessa principer utgör det enda någorlunda sammanhängande tankesystem vi har eller kan räkna med att få tillgång till i framtiden, som kan hjälpa oss att utveckla vår förmåga att förstå och på ett effektivt och rationellt sätt påverka vår omvärld.

I avsnitt 2.1 kommer vi att beröra den revolutionerande förändring som kommunikationstekniken idag genomgår, i första hand för civila men oundvikligen också för militära tillämpningar.

I avsnitt 2.2 diskuterar vi begreppet informationskvalitet, som är fundamentalt vid all datorstöd informationshantering, såväl manuell som automatisk, men som är särskilt kritiskt när man bygger viktiga slutsatser och beslut på resultat av modellberäkningar.

Modellering och simulering beskrivs i avsnitt 2.3 som en generisk metodik som ligger till grund för all kvalificerad, kvantitativ beskrivning av processer i verkligheten.

Även datafusion bygger på modellering och simulering, med mer komplexa modeller ju högre upp i kedjan från sensorer till beslut fusionen ska tillämpas. Det är alltså viktigt att inse att informationsfusion på hög nivå innebär utnyttjande av resultat från modeller av komplexa system, med den inneboende osäkerhet som sådana modeller normalt har. Skall sådana metoder användas krävs det alltså att osäkerheten korrekt kan kvantifieras och därefter uppfattas och analyseras av den mänskliga användaren innan livsavgörande och ödesmättade beslut fattas.

I avsnitt 2.4 beskriver vi slutligen samspelet mellan mätningar, modeller och simulering så som det ter sig i ett system för datafusion.

2.1 Ledning som kommunikation

Ledningssystemet är ett kommunikationssystem [30] som redan nu knyter samman inte bara mänskliga aktörer utan också mer eller mindre självständiga, "intelligenta", datorsystem med sensorsystem och styrda eller autonoma plattformar. I ett tjugooårs perspektiv kan detta göras på ett sådant sätt att informationsöverföring mellan mobila enheter, informationstolkning, situationsanalys och beslutsfattande sker med dramatiskt mindre fördröjning än idag.

I framtiden - och i mycket stor utsträckning redan idag - är också all telekommunikation baserad på utnyttjande av datorteknik för en mängd olika uppgifter, t ex planering av länknät, val av sambandsväg, kryptering, växelfunktioner, signalkodning och konvertering mellan olika sambandsmedier.

Ledningssystemet kommer att behöva få tillgång till data, information och kunskap¹ med dokumenterad kvalitet, som är snabbt tillgänglig och som kommer från många källor. Information och kunskap kommer att vara distribuerade i informationsnätverket, och lagras med användning av teknik för distribuerade databaser som medger begränsad men korrekt dataåtkomst trots avbrott i sambandet.

Användaren kommer att se ett starkt ökat tjänsteutbud, och behöver inte veta var i nätet tjänsten finns. Geografiskt avlägsen expertkunskap kan utnyttjas för att tolka svårbegriplig eller flertydig information. Information kan snabbt sammanställas eller sönderdelas för att passa till den aktuella ledningssituationen. I många fall kommer dock grundläggande tjänster även i fortsättningen att vara knutna till den egna organisationsenheten, bl a därför att sambandet under krig med nödvändighet kommer att vara intermittent och förmåga till autonomt uppträdande därför är ett krav.

Arbete i informationsnätverk ger möjlighet till flexibel vertikal eller horisontell integrering av stabsarbetet. Nätverksuppbyggnaden stöder införandet av distribuerade staber. Dessa möjliggör i sin tur decentraliserad lokalisering, skadetålig gruppering, adaptiv omgruppering samt flexibel sammansättning av ledningsgrupper, t ex genom *logiska chefsbesök*.

Ledningssystemet blir en allt viktigare faktor för att uppnå ökad uthållighet, mindre resursförbrukning och kortare reaktionstider. Användning av datafusionsteknik tillsammans med förmåga att simulera stridssituationer och utnyttjande av avancerade presentationsformer (t ex *virtuell verklighet*, VR) möjliggör ett kraftfullt beslutsstöd. Den gemensamma lägesbilden baserad på modern informationsteknik ger möjlighet till distribuerade staber med hög uthållighet. Genom att utnyttja sådan teknik kan man också öka möjligheterna till realistisk träning i nya situationer.

2.2 Informationskvalitet och hantering av osäker information

För en militär beslutsfattare är det viktigt att under ett stridsförlopp kontinuerligt kunna bedöma kvaliteten på den information som läggs till grund för bedömningar och beslut.

1. "Kunskap" används här, i brist på bättre ord, dels för sådan information som riktar sig till **mänskliga** brukare och som beskriver fakta och principer som kan behövas i beslutsprocessen, dels för formaliserad information som definierar regler och lagar avsedda att tolkas av **datorprogram**

När det gäller uppgifter från mänskliga källor är kvalitetsbedömningen förvisso ett mycket svårt problem, som underrättelsebedömaren ständigt konfronteras med. Problemet blir ännu svårare om man vill använda sådana uppgifter som indata till en formell metod, en beräkningsalgoritm, eftersom det då krävs att man kan översätta en kvalitativ kvalitetsuppgift ("möjlig ubåt") till en kvantitativ, t ex ett numeriskt måttal eller en sannolikhetsfördelning.

Om uppgiften däremot enbart är att beskriva kvaliteten hos innehållet i en databas med grunddata är lösningsprincipen förhållandevis enkel: man försör data med ett kvalitetsmått av specificerat slag. Möjligheterna att ange meningsfulla kvalitetstal varierar naturligtvis starkt med datamaterialets karaktär.

För att tillgodose rimliga kvalitetskrav vid utnyttjande av resultat av en simulering av t ex en stridssituation är problemet återigen mer komplicerat: man behöver dels försör alla indata till den aktuella beräkningsmodellen med tolerans- och andra kvalitetsmått, dels måste modellen utformas på ett mer sofistikerat sätt än som är normalt idag. Den måste från början försöras med inbyggda feluppskattningar och bygga på noga genomtänkta giltighetskriterier. Härigenom är det åtminstone i princip möjligt att som resultat från en modell få inte bara en mängd (påstådda) resultatvärden utan också giltighetsområde för resultatet samt spridnings- eller andra kvalitetsmått för resultatvärdena. Kvalitetssäkring av modellresultat är ur teknisk synpunkt mycket nära besläktat med validering av beräkningsmodeller, ett område där det mesta återstår att göra åtminstone vad gäller militära systemsimuleringar.

I [35] finns följande uppräkningslista som motiverar varför automatiserad eller överhuvudtaget formaliserad behandling av underrättelsesdata måste bygga på vetenskapligt sunda metoder för hantering och bearbetning av osäker information:

- underrättelsesdata är nästan alltid ofullständiga; det är alltför svårt att identifiera, för att inte tala om att inhämta, alla relevanta data
- underrättelsesdata är ofta ospecificerade; inhämtade data är nästan alltid förenliga med mer än ett rimligt tillstånd
- data är ofta oprecisa på ett eller flera sätt; tekniska insamlingsanordningar är behäftade med begränsningar, mänskliga inhämtare har begränsningar beträffande förmåga till perception och informationsbearbetning, människor kommunicerar med ett oftast oprecist och flertydigt språk
- data härrör från källor med varierande grad av pålitlighet; även när källor rapporterar med hög precision kan såväl tekniska som humana rapportlämnare vara behäftade med systematiska felkällor
- data kan vara motsägelsefulla; multipla, och i vissa fall även enskilda, osäkra källor kommer med stor sannolikhet att leverera motstridig information
- data återspeglar ofta mer tolkningar än fakta; de flesta uppgifter som utnyttjas av analytiker är slutsatser, dvs en annan analytiker eller kanske en journalist har redan bearbetat rådata och på så sätt tillfört osäkerhet genom inferensprocessen.

Ett forskningsområde som blivit allt viktigare på senare år och som handlar om metodik och teknik för hantering och analys av data som är behäftade med många slags osäkerheter är *Management of Uncertainty*. En rad olika angreppssätt har utvecklats för att hantera sådana problem (se "Datafusionsforskningens aktörer inom och utom landet")

sid 49). Korrekt och adekvat användning av sådana vetenskapligt grundade metoder är en förutsättning för att trovärdiga datafusionssystem ska kunna utvecklas.

2.3 Modellering och simulering

Modellering och simulering (MoS) är begrepp som har en utomordentligt vidsträckt innebörd. I en grundläggande mening är allt mänskligt tänkande baserat på modeller, tillfälligt skapade eller mer permanenta. Att simulera är att aktivera en modell samt att iaktta och registrera det förlopp som utspelar sig när modellens tillstånd utvecklas i enlighet med de regler eller lagar som vi tilldelat den. Om man vill kan man säga att teater är modellering och simulering, likaväl som konsten att förutsäga vädret eller till och med uppställandet av astrologiska prognoser. Att inte alla dessa processer är vetenskapliga eller ens förnuftiga hindrar inte att syftet och i vissa avseenden till och med metodiken kan vara besläktade.

För MoS som *vetenskapligt* begrepp är situationen inte mycket mer entydig, eftersom kravet på vetenskaplighet visserligen som sanningsrepresentation utesluter sådana modeller som inte kan verifieras mot mätbara och repeterbara företeelser och processer, men i övrigt inom en given vetenskaplig inriktning eller föreställningsvärld lämnar fältet fritt för den ansvarige forskarens fantasi och intresse.

Modellering och simulering har inte desto mindre fått en utomordentligt stor praktisk betydelse. Några viktiga orsaker till detta är:

- verktyg och metodik i växelverkan, dvs det vi svepande och otydligt brukar kalla tekniken, möjliggör i datorns tidsålder modellering och simulering av processer som kan fånga det förutsägbara inslaget, *trenden*, i naturliga fenomen så komplexa att människan tidigare stått helt utan effektiva prognosinstrument
- det har i många fall visat sig möjligt att särskilja metodiken från det enskilda problemet och därvid utveckla *generiska* verktyg som med en begränsad och relativt rutinbetonad arbetsinsats kan appliceras på problem inom en vid klass; i dessa fall kan det alltså vara både vetenskapligt och ekonomiskt lönsamt att satsa mycket stora och kvalificerade resurser på att analysera och finlipa metodiken och utgående från detta skapa de generiska verktygen. Det är uppenbart att denna väg endast kan vara framgångsrik vid modellering av system som är vetenskapligt mycket väl förstådda och beskrivna, och där precisa och allmängiltiga delmodeller kunnat utvecklas för varje aspekt som har betydelse för den valda klassen av tillämpningar
- i takt med att allt fler sådana generiska modellerings- och simuleringsverktyg tagits i bruk inom olika tillämpningsområden, har dessas verklighetsuppfattning påverkats starkt, tidigare alltför komplexa eller till och med okända samband har kunnat beskrivas i detalj och utnyttjas praktiskt, forskare och analytiker har fått helt nya språk och resultat av gigantiskt ekonomiskt värde har gradvis kommit fram (exempel: utan MoS inga fungerande högintegrerade kretsar)
- processer som tidigare varit omöjliga att studera experimentellt, i försvarstillämpningar exempelvis destruktionsförlopp och effekt av vapen mot komplexa och oersättliga mål eller utfallet av en strid mellan stora förband med olika utrustning och ledningsförmåga, blir med MoS möjliga att beskriva och i viss mening förstå och

analysera; det allestädes närvarande inslaget av osäkerhet och slump kan åtminstone i princip behärskas genom statistiska modeller samt registrering och analys av resultat från upprepade försök.

2.4 Mätning, modellering och simulering som “*enabling technologies*” vid utveckling av metodik för informationsfusion

Man kan fråga sig vad modellering och simulering har att göra med informationsfusion. Är det mer eller mindre samma sak? Eller är det rentav så, som man ibland kunnat läsa, att MoS erbjuder allt det tekniskt grundade beslutsstöd som ledningssystemet behöver?

I militärtekniska sammanhang har MoS ofta kommit att användas för att beteckna stora spel- eller utbildningsmodeller, som kort och gott simulerat ett krig eller – oftare – någon delprocess som ansetts viktig för utvecklingen av en situation som har betydelse i krig. Modellerna är då avbildande och beskrivande, och deras syfte är att en analytiker ska få insikter som hjälper honom att bättre förstå en process, eller att en “soldat” tränas för att bättre kunna hantera en svår situation.

Syftet med taktisk informationsfusion är ett annat, nämligen att fortlöpande och *i reell tid* omvandla en ständigt varierande uppsättning aktuella mätvärden och observationer till en sammanhängande beskrivning av fiendliga förbands uppträdande på slagfältet. Detta måste göras med hjälp av existerande kunskaper, *apriorikunskaper*, om *mätinstrumentet* (sensorn eller sensorerna), dess position och övriga tillstånd, om *mätobjektet/målet* samt om det aktuella tillståndet hos dess *omgivning*. Karakteristiskt för fusionsprocessen på taktisk nivå är att målet eller mätobjektet i princip är hela den observerade mängden fiendliga förband, alltså en mycket komplex och föränderlig verklighet. Resultatet skall levereras i form av korrekt och kvalitetsmärkt *tillstånds- och prognosinformation*¹ som kan uppfattas av en beslutsfattare eller i vissa fall av ett automatiskt system, och som är avpassad för att hjälpa denne eller detta att i tid *lösa vissa givna typer av problem*, vanligen något eller några av uppgifterna identifiering, lokalisering och positionsprognostisering, hotvärdering och val av motåtgärder.

För att detta ska kunna ske behövs:

- mätvärden av känd och tillräckligt hög kvalitet (mätnoggrannhet, risk för felaktig detektion, karakterisering eller identifiering) och möjliga att uttrycka i ett gemensamt referenssystem
- adekvat information om den omgivande miljön, som påverkar mätvärdena och deras tolkning, liksom information om målets möjligheter att förflytta sig eller på annat sätt ändra tillstånd
- *modeller* av alla relevanta ingående processer, som kan göra det möjligt att med mätvärden och aprioriinformation som indata, *i realtid räkna ut* det man vill och kan veta om målets nuvarande och framtida tillstånd

1. Den militära termen *lägesinformation* uppfattar vi som nära besläktad med det abstrakta, vetenskapliga begreppet *tillståndsinformation*, som betecknar totaliteten av den information som beskriver de tidsvariabla egenskaperna hos ett modellsystem. Vi föredrar att använda den senare termen här, för att undvika missförstånd.

- sist men inte minst, åtgärdsval med ledning av den vunna insikten.

Anm. En matematisk metodik som introducerades på 1960-talet av R. E. Kalman (*Kalmanfiltrering* [6]) har sedan dess fått en fundamental betydelse för utveckling av den här typen av modeller. Med Kalmanfiltrering kan man optimalt (under vissa förutsättningar och i en precis matematisk bemärkelse) väga samman det man vet apriori om ett systems möjliga beteende med det beteende man under en tid observerat att det verkligen uppvisar. För att ge ett konkret exempel: om man observerar t ex ett flygplan med en radar under en viss tid och vet att det tillhör en viss kategori med ungefärligt kända dynamiska egenskaper (framför allt accelerationsförmåga i olika riktningar), och om man därtill känner mätprocessens statistiska kvalitetsegenskaper (mätnoggrannhet, brus) så kan man bestämma flygplanets rörelse i den nära framtiden med en känd noggrannhet, som är större än den som radarn - mätinstrumentet - ensamt erbjuder, och som på bästa möjliga sätt statistiskt väger samman *alla* gjorda mätningar med apriorikunskapen om flygplanets manöverförmåga. Man kan t o m avsiktligt använda en mer restriktiv dynamisk målmodell än den som bäst beskriver det verkliga målsystemet. På så sätt kan man öka noggrannheten i positionsbestämningen om man vill ta en risk att tappa målet om det börjar manövrera.

De mätningar som ligger till grund för den maskinella verklighetstolkning som informationsfusion är, kommer datafusionsprocessen tillgodo på i princip två vägar: i första hand direkt i realtid från de sensorer som den militära styrkan själv förfogar över, men i växande utsträckning också i form av datorlagrad, jämförelsevis statisk information som kunnat mätas upp eller samlas in på annat sätt och därefter lagrats i förväg i *databaser*. Sådana databaser kan beskriva terrängens utseende och beskaffenhet, men också annan relevant miljöinformation om vägar, nätverk, demografi, bebyggelse m m kan vara av stor betydelse. Vidare har ledningssystemen länge innehållit detaljerade databaser över tänkbara motståndares organisation, taktik och utrustning. Hittills har dessa miljö- och hotdatabaser främst utnyttjats av mänskliga operatörer, och på senare tid som stöd för tolkning av sensorinformation för målidentifiering (bl a databaser över *målsignaturer*, s k signaturbibliotek, som beskriver hur olika måltyper i detalj ter sig eller "ser ut" för ett visst slags sensor). Vidareutvecklade sådana databaser har också en stor potential som informationskälla vid utveckling av metoder för informationsfusion.

Utgående från den information som görs tillgänglig från dessa alltmer omfattande databaser och sensornätverk har operatören idag till uppgift att välja ut, strukturera och tolka den information som kan förmodas vara relevant för beslutsfattandet. Till sin hjälp har han en dator med diverse databas- och presentationssystem men, åtminstone i de nu aktuella svenska systemen, mycket lite "maskinell intelligens". Med andra ord måste tolkning, aggregering och prognosticering göras av de mänskliga operatörerna, väsentligen utan stöd av datormodeller. Detta innebär att man använder datorn på ett analogt sätt som den tills relativt nyligen använts i administrativa system: som ett redskap för insamling, lagring och återvinning av information men endast i obetydlig grad som verktyg för analys och prognosticering. Det är här informationsfusionens stora möjligheter ligger. Den som först lär sig utnyttja denna nya resurs effektivt kommer att kunna frigöra betydande mänskliga resurser för mindre rutinbetonade uppgifter, och kommer att upptäcka att datorsystem kan ges förmåga att lösa många (men naturligtvis långtifrån alla !) komplexa tolkningsuppgifter mycket snabbare, säkrare och noggrannare än människan förmår.

Det är tydligt att i den utsträckning datafusionsprocessen involverar mänskliga operatörer och beslutsfattare, blir det av mycket stor betydelse att dessa snabbt ges rätt uppfattning om situationen och också informeras om och hinner förstå vilka handlingsalternativ som står till buds. I detta avseende liknar kraven på datafusionstekniken de som gäller exempelvis för informationsöverföringen till en plattformoperatör, som med ledning av en mängd signaler på ofta mycket kort tid ska fatta rätt beslut.

Man kan sammanfattningsvis säga att MoS är av central betydelse för datafusion, likaväl som för andra vetenskapligt grundade förståelseprocesser, men att i datafusionstillämpningar tillkommer att såväl mätningar som åtgärder med anledning av den vunna förståelsen förväntas ske inom snäva, av omvärlden pålagda tidsgränser (*i realtid*). Att den biologiska evolutionen fortfarande är oöverträffad mästare på att skapa sådan "teknik" visar inte minst på datafusionsprocessernas oerhörda potentiella överlevnadsvärde i en fientlig omvärld.

3. Underrättelseprocessen

I kapitel 3.1 refererar vi kortfattat aktiviteter och skrifter som har relevans för nuläget inom den svenska taktiska underrättelsetjänsten.

I kapitel 3.2 beskriver vi huvudprinciperna för den av US Army utvecklade och fastställda *IPB-processen, Intelligence Preparation of the Battlefield* [33], en process som bl a skall stödja en förbandschef vid bedömning av hotets troliga handlingsmöjligheter.

I kapitel 3.3 beskriver vi kortfattat det amerikanska systemet *All-Source Analysis System (ASAS)*, som utvecklas evolutionärt och där delsystem tagits i fältmässig drift. ASAS kan ses som ett programsystem för fusion av underrättelsesdata.

Vi inleder med att översiktligt beskriva vad taktisk underrättelsetjänst omfattar och syftar till och vi gör detta genom följande utdrag ur skriften *Underrättelsetjänstens grunder*, som härrör från utbildningssektionen vid förutvarande *Arméns underrättelseskola (UndS)* i Karlsborg. Verksamheten vid UndS har sedan 1998 tagits över av *Underrättelse- och säkerhetscentrum (UndSäkC)* som är ett nybildat och för försvarsgrenarna gemensamt centrum i Uppsala för underrättelse- och säkerhetsfrågor.

“På taktisk nivå innebär underrättelsetjänst bl a kunskap om:

- motståndarens organisation och taktik
- motståndarens läge och stridsvärde
- terrängen,

men även förmåga att analysera och dra slutsatser av detta för att göra bedömningar om vad motståndaren kan komma att göra och när han kan komma att göra det. ...

Att arbeta med underrättelsetjänst är därför att för chefen presentera motståndarens läge, kapacitet, hur vi (på såväl kort som längre sikt) kan påverka hans stridsplan och motståndarens möjligheter att påverka vår plan. Detta redovisas som ‘Fiendens läge och stridsvärde’ och ‘Fiendens handlingsmöjligheter’. ...

Det sätt som underrättelsearbetet struktureras på kallas ‘undcykeln’ och omfattar planering, inhämtning, bearbetning och delgivning. ...

All underrättelsetjänst blir värdelös om inte underrättelserna/bedömningarna i tid delges alla som har behov av resultatet. ...”.

Vi bedömer att ovanstående uttalande i stort sett är giltigt även utanför armén och det står även i överensstämmelse med vad som sägs i [33], som behandlar den av US Army fastställda IPB-processen.

3.1 Aktuella aktiviteter och skrifter rörande svensk taktisk underrättelsetjänst

I detta avsnitt refererar vi kortfattat till aktiviteter och skrifter som är relevanta för dagens metodik, teknik och taktik inom den svenska taktiska underrättelsetjänsten, i första hand tillämpade på markstrid.

3.1.1 Underrättelsereglemente för armén, UndRA

Underrättelsereglemente för armén (UndRA) [45], utgiven 1988, anger vad underrättelsetjänsten skall göra och i vissa fall hur det skall gå till och varför. Vi vill speciellt uppmärksamma begreppet *underrättelsebedömande* som i UndRA beskrivs på följande sätt:

“Underrättelsebedömande, bedömande av fiendens läge och stridsvärde, terrängens inverkan, styrkejämförelser och fiendens handlingsmöjligheter är den viktigaste delen av bearbetningen. Det utgör en grundläggande del i chefens *beslut i stort (BIS)*.

Underrättelsebedömande görs fortlöpande av underrättelsechefen i första hand, i samråd med chefen för stridsledningsavdelningen. Högre chefs bedömningar, beslut och egna efter hand inkomna underrättelser ligger till grund. Brister i underrättelseunderlaget antecknas som underrättelsebehov.

Resultatet av den fortlöpande uppföljningen kan leda till nya detaljbeslut och riktlinjer inom ramen för BIS och/eller taktikanpassning. Om fi:s bedömda handlingsmöjligheter väsentligt förändras kan det också leda till ett nytt BIS. Uppföljningen kan även leda till förändrade och/eller nya underrättelsebehov.

Underrättelsebedömande omfattar

- bedömande av fi:s läge och stridsvärde
- bedömande av terrängens och vädrets inverkan på fi:s förband
- styrkejämförelser
- analys av fiendens tidigare agerande
- bedömande av fi:s handlingsmöjligheter på kort o lång sikt
- fi:s svagheter
- slutsatser rörande fi:s handlingsmöjligheter”

3.1.2 Funktionsutvecklingsplan Underrättelsetjänst

Funktionsutvecklingsplan Underrättelsetjänst (H, UndS, 97-07-01) ger förslag avseende utveckling av underrättelsefunktionen från 1997 och framåt.

3.1.3 AL 21- Systemplan underrättelsetjänst

AL 21 är en studie som leds av *ArméCentrum*. Studien skall före 98-12 med bl a funktionsplan underrättelsetjänst som grund belysa underrättelsetjänsten på taktisk nivå i vid bemärkelse. Alla sensorer och plattformar skall ingå. Studien skall föreslå hur olika komponenter inom underrättelsetjänstens ram skall integreras i ledningssystemet. Resultatet skall utgöra underlag för taktik-, materiel- och organisationsutveckling i framtiden.

3.1.4 ATLE IS Und

Inom projektet *Arméstridskrafternas Taktiska Ledningssystem (ATLE)* var *Informationssystem Underrättelse (IS Und)* planerad att bli en verksamhetsbaserad modul

(VBS) i ATLE IS, uppbyggd på ett sätt som återspeglar funktionen underrättelse- och säkerhetstjänst för att ge stöd för såväl den taktiska som operativa ledningen. I detta projekt har underrättelseprocessen brutits ned i processerna planering, bearbetning, inhämtning, underrättelsebedömning och delgivning, vilka i sin tur brutits ned i underliggande processer. Underrättelsebedömning betraktas här som en egen huvudprocess.

Modellering av funktionen UndSäk utfördes våren 1997. En fördjupad modellering var planerad till hösten 1997, men kom ej till stånd. Nu hösten 1998 har utvecklingen av ATLE IS avbrutits i avvaktan på att Förvarsmakten tar ett nytt grepp om ledningssystemutvecklingen. En del av arbetet med ATLE IS Und har dock utnyttjats vid utveckling av datorsystemet FENIX/FUSK (se nedan).

Även inom flyget och marinen har pågått och pågår en utveckling av datorstödda Undfunktioner inom LI FV (*Lednings- och Informationssystem Flygvapnet*) respektive LIM (*Lednings- och Informationssystem Marinen*). För närvarande är det ovisst hur denna utveckling skall fortsätta. Enligt *Förvarsmaktens ledningsutvecklingsplan 1998-2001* [46] (sid 6) förutses på sikt behov av ett gemensamt operativt-taktiskt informationssystem för att stödja verksamhet i de framtida förvarsmaktsnivåerna. Det framtida operativt-taktiska informationssystemet bygger på dels ett tillvaratagande av redan utvecklade och driftsatta delar av operativt-taktiska informationssystem, dels en utveckling som syftar till ett helt integrerat Förvarsmaktens IS.

3.1.5 FENIX/FUSK

FENIX/FUSK är ett datorsystem inom armén som stödjer arbetet med att från textmeddelanden med taktisk underrättelseinformation skapa en bild av läget. Detta sker genom att operatören för varje meddelande, som kommer in till systemet och som bedöms som relevant i den aktuella situationen, skapar en eller flera *händelsebeskrivningar*. Därefter skapas *underrättelser* från händelsebeskrivningar som bedöms höra ihop. Underrättelserna ligger sedan som grund för att skapa/bygga *förband* vilka presenteras på en datoriserad karta. Systemet testades i fält i samband med FSÖ maj 98. Det har tidigare använts och testas i utbildningssammanhang. För test av systemet kan indata genereras av datorprogrammet UNDSIM som utifrån en beskriven händelseutveckling kan simulera textmeddelanden som är rimliga med avseende på tids- och rumsuppgifter.

3.1.6 Visuellt underrättelseplanering, VU

VU är en metod för planering av underrättelsetjänsten i grafisk miljö som tagits fram vid UndS och som är tänkt att datoriseras. Den sägs likna vissa moment i den amerikanska IPB-processen, se kapitel 3.2.

3.1.7 FOA-rapporten "Arméns underrättelsesystem I"

I FOA-rapporten [44] från 1994 har Sverker Johansson definierat och strukturerat den taktiska underrättelseprocessen. Rapportens huvudsyfte är att ge förslag till värdering och vidareutveckling av underrättelsefunktionen. Som grund för detta arbete har författaren i samarbete med Arméns Underrättelseskola strukturerat och beskrivit underrättelseprocessen med hög upplösning. Processen har delats in i faserna planering,

inhämtning, bearbetning och delgivning vilka är de samma som i UndRA, men underindelning i moment och delmoment skiljer sig något åt.

Vi har tagit med denna rapport i vår sammanställning eftersom den på ett systematiskt sätt beskriver problemställningar som är aktuella för vårt projekt. Av speciellt intresse är kapitel 4, *Allmänna synpunkter på underrättelseprocessen*. I kapitlet definieras ett antal begrepp vars innebörd i hög grad är relevanta i samband med datafusion i underrättelseprocessen. Terminologin (t ex informationskompression, koncept- och superkoncepthypoteser, konceptkonfidens, kompressionsprocess) skiljer sig dock från gängse språkbruk inom datafusion. Den s k kompressionsprocessen liknas vid att lägga pussel med olika koncepthypoteser och indikationer, vilket innebär att dra slutsatser om vilken verksamhet som ligger bakom ett antal iakttagelser, analogt med vad som sker vid datafusionsnivå 2, situationsanalys (se kapitel 4.1). Behovet av kunna arbeta med alternativa tolkningar (hypoteser) av läget belyses. Det påpekas att för att minska antalet tolkningar bör i första hand information som är organisationsbestämmande utnyttjas. Antalet tolkningar kan även begränsas genom att analysera vilka tekniska och taktiska möjligheter fienden har att befinna sig och verka i aktuell miljö. I rapportens kapitel 4 belyses även problem som hör samman med att tillåta eller inte tillåta aggregering av information (i [44] kallad informationskompression) på olika nivåer.

3.1.8 Militär information vid internationella insatser

Behovet av militär information vid internationella insatser behandlas i en rapport [47] som skrivits inom ramen för ett samarbete mellan FOA och FFI (Forsvarets ForskningsInstitut i Norge) kring internationella insatser. I sammanfattningen konstateras bl a att det är viktigt att förstå att militär informationstjänst för internationella fredsbevarande insatser på avgörande punkter skiljer sig från underrättelsetjänsten i krig. Följande fyra punkter pekas ut:

- informationen är mycket mer fragmenterad varför det är svårt att få en överblick över situationen
- kopplingen mellan strategiska och taktiska nivåer är mycket starkare
- vid bearbetning av information från en fredsbevarande operation går det ej att direkt och okritiskt använda sig av de kriterier som finns etablerade från reguljärt krig
- internationellt sammansatta kontingenter ställer andra och delvis nya krav på informations- och underrättelsehanteringen ur säkerhetsmässiga aspekter.

I rapporten presenteras några strategier för att försöka komma till rätta med dessa problem.

3.2 Intelligence Preparation of the Battlefield, IPB-processen

Den av US Army utvecklade och fastställda IPB-processen [33] är en kontinuerlig process i vilken omgivning och hot i ett angivet område analyseras systematiskt. Processen är manuell och utformad för att stödja en förbandschef och hans stabs bedömningar och beslutsprocesser.

Tillämpning av IPB-processen skall hjälpa förbandschefen att selektivt utnyttja och maximera sin slagkraft till kritiska punkter i tid och rum på slagfältet genom att:

- bedöma hotets troliga handlingsmöjligheter
- beskriva den miljö som den egna styrkan opererar inom och den påverkan som miljön förväntas ha på styrkans förmåga.

Huvudprinciperna för IPB-processen sägs kunna tillämpas i olika situationer och på olika nivåer, men *Taktik, teknik och procedurer* (TTP) för IPB varierar beroende på aktuell situation, t ex uppdrag, motståndaren, terräng, trupper och tillgänglig tid. Nedanstående beskrivning är främst inriktad mot förhållanden som är aktuella på taktisk nivå.

IPB-processen utförs kontinuerligt före och under den initiala planeringen av en operation men även under själva operationen och som förberedelse till nästa. Som stöd för bedömningar och beslut utnyttjas sk IPB-produkter, vilka utvecklas under processens gång och som regel innefattar grafisk presentation/illustration - ofta på en lägeskarta. Dessa produkter kan vara datorgenererade.

IPB är en process i fyra steg:

- definiera slagfältsmiljön
- beskriva miljöns påverkan på slagfältet
- värdera hotet
- bedöma fiendens handlingsmöjligheter

Samtliga steg skall genomföras i den omfattning och detaljeringsgrad som är rimlig med hänsyn den tid som står till förfogande. IPB-processens uppgift är att ge underlag till att fokusera analysen till de faktorer som bedöms ha störst betydelse för att komma fram till rätt beslut i rätt tid.

I nedanstående beskrivning har vi valt att inte översätta vissa IPB-termer. Speciellt gäller detta termen *template* som i [33] i regel betecknar en grafisk skiss presenterad på en karta. Template översättes ofta till mall, men detta ord skulle här lätt leda tankarna fel.

Steg 1. Definiera slagfältsmiljön

I detta steg identifieras de egenskaper (förhållanden) hos slagfältet som kommer att påverka egna och fiendliga operationer. Exempel på sådana egenskaper är terräng, väder, infrastruktur för transporter och demografi.

Här bestäms också förbandets intresseområde, *Area of Interest (AI)*, och operationsområde, *Area of Operations (AO)*, som är en del av intresseområdet.

Slutligen identifieras vilka luckor som föreligger i det tillgängliga underrättelsematerialet och hur dessa skall kunna fyllas igen.

Steg 2. Beskriv miljöns påverkan på slagfältet

I detta steg utvärderas effekterna av slagfältets förhållanden som båda sidor måste ta hänsyn till. Denna omgivningsanalys fokuseras mot att fastställa vilka möjligheter och begränsningar som omgivningen innebär för de operationer som den egna och fiendens

styrkor kan tänkas företa. Denna utvärdering tar fasta på allmänna förmågor för respektive styrka till dess att olika handlingsalternativ utvecklas i IPB-processens senare steg.

Omgivningsanalysen omfattar alltid terräng och väder men kan också innefatta diskussion av geografiska och infrastrukturella förhållanden i övrigt, som kan påverka handlingsmöjligheterna.

Resultatet av analysen presenteras om möjligt i form av kartbilder, som beskriver t ex befolkningsstatus, militärt relevanta terrängfaktorer, vädereffekter och hinder. Gemensamt är att dessa kartprodukter beskriver militärt relevanta omgivningseffekter.

Steg 3. Hotvärdering

I detta steg analyseras det tillgängliga underrättelsematerialet för att avgöra hur fienden normalt organiserar sig inför en strid, hur han genomför operationer under förhållanden som liknar de nu aktuella. Detta sker genom att utnyttja hotmodeller (se nedan) som successivt uppdateras samt att i bred mening värdera vilken styrka och svaghet som dessa hot har i den aktuella situationen.

Då hotet är väl känt, kan historiska databaser och väl utvecklade hotmodeller utnyttjas. Vid operationer mot en ny eller mindre väl känd motståndare kan underrättelsefunktionen tvingas utveckla databaser och modeller som en del av analysen.

Hotmodell. Enligt [33] är en hotmodell av en viss hotstyrka en modell av hur styrkan genomför sina operationer under idealiska villkor. Modellen baseras på styrkans normala organisation, utrustning, doktrin och TTP. Den består av tre delar:

- *doctrinal template*, som åskådliggör - i regel på en karta - gruppering och uppträdande
- beskrivning av taktik och optioner som föredras
- typiska förhållanden som är väsentliga för att lyckas, vilka betecknas som *High Value Targets (HVT)*.

Steg 3 innebär att successivt uppdatera och förfina hotmodellerna och att identifiera fiendens kapacitet och möjligheter. Härmed skapas en grund för en initial situationsbedömning. Denna initiala bedömning baseras endast på generella beteenderegler och aktuella rapporter utan hänsyn till de speciella förutsättningar som den aktuella omgivningen erbjuder och som redan analyserats i steg 2, såsom aktuella geografiska förhållanden.

Steg 4. Bestäm fiendens handlingsmöjligheter

I detta steg integreras resultaten av de tre tidigare till en meningsfull slutsats. Givet vad motståndaren normalt föredrar att göra och de speciella förutsättningar som den aktuella omgivningen erbjuder, vad är hans troliga avsikter och vilka handlingsmöjligheter har han för att uppnå dessa?

För att besvara dessa frågor utvecklas i detta steg modeller av motståndarens handlingsmöjligheter, *threat Course of Actions (COA)*. Detta sker med utgångspunkt från de i steg 3 utvecklade hotmodellerna och de i steg 2 utvärderade effekterna av omgivningen. Varje hotmodell kan ge upphov till flera handlingsmöjligheter för fienden och

varje sådan möjlighet presenteras grafiskt i form av en kartbild som visar antagen disposition av hotet (*situation template*) och som kompletteras med en textmässig beskrivning. De olika möjligheterna rangordnas därefter efter hur troliga de bedöms vara.

Efter det att handlingsmöjligheterna presenterats pekas de områden, *Named Area of Interest (NAI)*, ut inom vilka informationsinhämtning förväntas kunna bekräfta fiendlig aktivitet eller ej. Dessa områden visade på en karta (*event template*) utgör underlag för att utveckla en plan för underrättelseinhämtning. Planen utformas så att underrättelseinhämtningen fokuseras mot att besvara prioriterade frågor, givetvis i kombination med andra överväganden.

I detta steg identifieras även de beslutspunkter i tid och rum, vid vilka beslutsfattaren förutser att han måste fatta beslut om egna styrkors agerande. Detta sker för varje händelsealternativ som ännu inte har förkastats. För att stödja denna identifiering utvecklas *decision support templates* som bl a belyser i vilka riktningar de egna styrkorna kan förflytta sig och hur långt de kan tänkas hinna under olika förutsättningar.

Sammanfattning

Huvudprinciperna för IPB är:

- Analys av stridsfältets effekter på egna/allierade och fiendens operationer
- Bestämning av fiendens handlingsmöjligheter, *threat COAs*, och deras sannolikheter för att realiseras
- Identifiering av vilka mål, HVT, som måste vara uppnådda för varje aktuell COA för att den skall kunna bli framgångsrik och var de kan förväntas äga rum, *Target Area of Interest (TAI)*
- Identifiering av de aktiviteter, eller avsaknad av sådana, som kan avslöja vilken COA som fienden valt och var dessa kan äga rum.

Viktiga IPB-produkter och resultat är:

Steg 1

- Operationsområde, AO, och Intresseområde, AI
- Identifierade förhållanden som bedöms påverka operationerna i den aktuella miljön, t ex terräng, väder
- Identifierade informationsluckor

Steg 2

- Effekter av utpekade förhållanden i steg 1, ofta kartprodukter

Steg 3

- Hotmodeller, *threat models*, som inkluderar *doctrinal templates* och HVT

Steg 4

- Modeller av fiendens handlingsmöjligheter, *threat COA:s*, som inkluderar *situation templates*

- *Event templates*, med utpekade NAI - underlag för underrättelseinhämtning
- *Decision support template* - underlag för att fastställa beslutspunkter.

3.3 All-Source Analysis System (ASAS)

All-Source Analysis System (ASAS) är ett programsystem som utvecklas och används inom US Army för att automatisera bearbetning och analys av underrättelsesdata från alla tillgängliga källor. Utvecklingsprogrammet startade redan 1984. Utveckling och driftsättning planeras pågå fram till några år efter år 2000.

ASAS är en *IEW*-komponent (*IEW* är en förkortning av *Intelligence and Electronic Warfare*) i *Army Battle Command System (ABCS)*. ASAS är ett system som automatiskt skall kunna fusionera underrättelsesdata med information om slagfältet till produkter som kan stödja en förbandschef (motsvarar svensk brigadchef och högre) vid beslut och operationer. Systemet utvecklas evolutionärt i olika block.

ASAS arkitektur för underrättelsehantering kan brytas ned i tre grupper:

- sensorer
- bearbetningsprocesser - informationssystem
- kommunikationssystem

Vi kommer här enbart att behandla bearbetningsprocesserna och deras organisation.

3.3.1 Organisation - arbetsstationer

Bearbetning och analys av underrättelser sker dels vid arbetsstationer i speciella analyscentraler s k *Analysis and Control Elements (ACE)* och dels vid stationer utanför ACE som kan förmedla information till och från ACE. På taktiskt nivå finns i dag ACE som stödjer en division. Arbetet inom en sådan ACE fokuseras på att besvara frågor från divisionschefen och hans underrättelsechef som avser förhållanden framåt i tiden, dvs ej akuta beslut. Till ACE strömmar underrättelser som härrör från divisionens egna och underställdas källor men även från källor på högre och sidoordnade nivåer. Inom en ACE finns tillgång till ett stort antal viktiga databaser.

Nedanstående typer av arbetsstationer/funktioner ingår i ASAS:

Remote WorkStation (RWS) som används utanför ACE vid underrättelsehantering på enheter på brigadnivå och lägre. Systemet är länkat till *Tactical Operations Center (TOC)* och kan förmedla information till såväl ASAS som andra funktioner inom ABCS. Det skall möjliggöra effektiv hantering av stora volymer av flyktig stridsinformation, vilket i sin tur skall möjliggöra spridning av en gemensam lägesuppfattning till andra funktioner. I Block I har 2 RWS anslutits till ACE.

Single Source Workstation (SSW) som används inom ACE (6 st i Block I). Vid en enskild SSW bearbetas normalt information från endast en typ av källa såsom SIGINT, COMINT, ELINT, IMINT (dessa akronymer uttyds i Bilaga 3.3).

All-Sources Workstation (ASW) som används inom ACE och vars uppgift är att ta emot underrättelser från flera olika källor och processa dem till underrättelseprodukter.

ASW:s styrka sägs vara dess möjlighet att korrelera och kombinera flera rapporter om samma mål, enhet eller aktivitet, vilket baseras på information rörande tid, läge och identifieringsnivå. ASW skall även stödja analytiker med IPB och uppdatering av fiendens situation. I Block I finns 6 st ASW inom ACE.

Collateral WorkStation (CWS) vars huvudsakliga funktion är att tillhandahålla IPB, aktuell situation/läge för fiendens och egna styrkor, bilder, grafik och analyshjälpmedel.

3.3.2 ASAS utveckling

ASAS utveckling sker evolutionärt i block. Kostnader för utveckling, utrustning och drift beräknas uppgå till 4000 M \$. Utvecklingen av Block I startade 1984 och den har kantats av allehanda problem med förseningar och budgetöverskridanden till följd. Sedan 1996 håller systemet på att tas i fältmässig drift, dock med lägre kapacitet än vad som från början var avsett. Till systemet har konkurrerande utveckling från systemen Hawkeye, Warrior och Warlord införlivats.

ASAS Extended innebär framför allt att kommersiell hårdvara utnyttjas i kombination med mjukvaruprototyper från Block II.

ASAS-Block II skall ha bättre programvara än Block I. Kontraktet för Block II skrevs under i slutet av 1993 men detta ifrågasattes p g a problemen med Block I varför projektet försenades. Block II är under utveckling sedan 1996.

ASAS Block III som är målet för ASAS-programmet skall ytterligare förbättra ASAS kapacitet och kunna möta de krav som ställs i början på nästa sekel.

3.3.3 Begränsningar

ASAS kan inte producera *intelligence* utan detta är fortfarande chefens och hans under rättelsepersonals ansvar. Däremot förändras och automatiseras de metoder och förfaranden med vilka tränade soldater analyserar och styr IEW-operationer.

4. Datafusion

I detta kapitel återger vi först (i avsnitt 4.1) en abstrakt modell för datafusionsbegreppet som det uppfattas av en studiegrupp som tillsatts av chefskommittén för de amerikanska försvarsforskningslaboratorierna, *Joint Directors of Laboratories*. Denna modell brukar därför kallas JDL-modellen, och dess senaste modifierade struktur beskrivs i en mycket läsvärd artikel [23] av F. E. White. Även om JDL-modellen har drag som avslöjar dess ursprung i militärtekniska tillämpningar, vill vi understryka att datafusion, med något modifierad terminologi men med i stor utsträckning gemensamma målsättningar, blir en allt viktigare teknologi även civilt.

I avsnitt 4.2 presenterar vi kortfattat några av de forskningsgrupper, inte minst akademiska, som är ledande inom metodområden som är grundläggande för informationsfusion.

I avsnitt 4.3 gör vi en genomgång av ett par amerikanska framtidsprognoser för datafusion i militära tillämpningar. Vi anser att det är viktigt att det svenska försvaret och försvarsforskningen noga följer den internationella utvecklingen på detta område, inte minst den amerikanska som är ledande i många avseenden, även om den väldiga skillnaden i forsknings- och utvecklingsresurser mellan Sverige och USA lätt kan få en att tro att vi på detta område helt måste förlita oss på importerad kunskap och i förlängningen importerade system. Så förhåller det sig faktiskt inte, utan forskning och utveckling bedrivs med framgång i Sverige på detta område om än i liten skala, och om vi kan etablera forskningssamverkan med andra europeiska länder har vi betydande möjligheter att bidra till utvecklingen.

I avsnitt 4.4 ger vi slutligen ett antal exempel på planerade program och redan genomförda projekt inom området datafusion. Här beskrivs bland annat NATO-projektet *Data Fusion Demonstrator*, som har betydande likheter med det demonstrator-projekt som vi diskuterar i avsnitt 6. Beskrivningen av detta NATO-projekt är därför en genväg till förståelse av vad som kommer att krävas för att skapa en demonstrator.

För att motivera varför tiden nu är mogen att inrätta en professionell intressegrupp för datafusion, skrev datafusionsforskaren professor Chris Harris våren 1998 följande epostinlägga till den amerikanska professionella organisationen IEEE, vars medlemmar från hela världen är ingenjörer, akademiker och andra specialister inom områdena informationsteknologi och elektronik:

“Den snabbt ökande förmågan att dynamiskt mäta/observera, samla in och lagra information leder till allt större behov av automatiska system som kan extrahera och kombinera relevanta data från multipla och disparata källor till konsistent och så fullständig information som möjligt. Denna information skall ge stöd för, eller i vissa fall ersätta, mänskliga beslut.

Datafusion är den metodmässiga basteknologin för sådana system. Det är ett multidisciplinärt ämnesområde som omfattar en hierarki av processer, till vilka hör mätning/observation, signalbehandling, egenskapsextrahering, mönsteranalys, situationsvärdering, beslutsfattande, återkopplade styrprocesser till stöd för olika delprocesser som t ex aktiv datafångst, nätverksstyrning m fl.

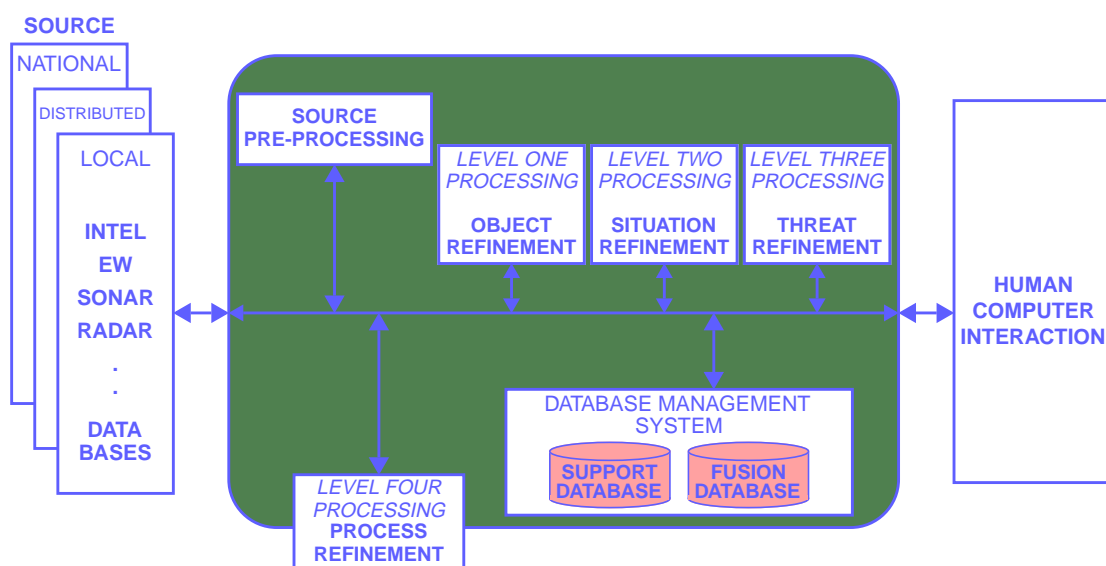
Ingen existerande professionell sammanslutning täcker hela bredden av de ämnesområden som ingår i datafusionsbegreppet, men trots detta har datafusion pekats ut av framtidsstudier

på hög nivå i flera länder som en av de mest vitala informationsteknologierna sett i ett tjugofemårsperspektiv”

4.1 Vad är datafusion? JDL-modellen.

Datafusion betecknar enligt JDL-modellen en kategori informationsbehandlingsprocesser där osäker, ofullständig och motstridande information från olika källor slås samman för att ge en mer komplett och mindre osäker översikt över ett aktuellt problem baserat på hela informationsmaterialet. Datafusion spänner över ett stort område, från *multisensordatafusion* (nivå 1), över *situationsanalys* (nivå 2), *hotanalys* (nivå 3) och *adaption* (nivå 4) med koppling till beslutsstöd, figur 1.

Figur 1. Datafusion enligt Data Fusion Subgroup (Joint Directors of Laboratories)



Till området räknas idag en rad tekniker som tidigare betraktats som separata forskningsområden, även om det naturligtvis inte råder någon fullständig enighet om hur gränserna ska dras: detektion, målföljning, objektigenkänning, situationsanalys, hotanalys, sensorplanering m fl.

Det finns inte någon bestämd teknologi som löser datafusionsproblemen, utan en rad olika metodområden måste utnyttjas för att nå resultat. Ju högre upp i slutsatsdragningsskedjan man vill nå (ju högre datafusionsnivå), desto större inslag av automatiskt resonerande under osäkerhet måste utnyttjas i systemen. Metodik för automatiskt resonerande är ett viktigt forskningsområde inom artificiell intelligens, AI. I det lite längre perspektivet kommer olika datafusionsmetoder att integreras i system som får förmåga till både resonemang och inlärning. Detta ger möjlighet till adaptiva resonerande system för att hantera osäker, ofullständig och motstridande information.

Redan nu och än mer i framtiden kan man räkna med att högteknologiska krigsmakter lägger stor vikt vid utveckling och användning av datafusionsmetoder för situationsanalys, hotanalys och beslutsstöd.

4.1.1 Multisensordatafusion

Med *multisensordatafusion* [43] är syftet att uppnå större robusthet, precision och

överblick från sensorsystemen genom att i realtid kombinera information från flera sensorer, ofta baserade på olika slags sensorteknik, i ett integrerat system. Man strävar efter att utveckla säkra och effektiva metoder för målföljning och målidentifiering där indata kommer från en mängd distribuerade sensorer, att utveckla robusthet mot både naturliga och avsiktliga störningar, att utveckla algoritmer för självdiagnos hos system och delsystem samt att utveckla metoder för att hantera motsägelsefulla sensorsignaler och desinformation.

Utvecklingstendenser inom multisensordatafusion är bland annat:

- kombinera olika slags sensorteknik till ett system med hjälp av modeller och algoritmer för signalbehandling, särskilt korrelation av signaler av olika karaktär
- utveckla säkra och effektiva metoder för centraliserad målföljning och målidentifiering där indata kommer från en mängd distribuerade sensorer
- utveckla robusthet mot både naturliga och avsiktliga störningar
- utveckla algoritmer för självdiagnos hos system och delsystem
- utveckla metoder för att hantera motsägelsefulla sensorsignaler och desinformation.

4.1.2 Situationsanalys

Resultatet från lägre nivåers datafusion överlämnas till ett beslutsstödssystem för situations- och hotanalys. Vid *situationsanalys* identifierar man den situation som har orsakat observerade data och händelser. Här genererar man också en mängd alternativa hypoteser angående den aktuella situationen. Hypoteserna utvärderas med hänsyn till observationerna och tilldelas sannolikheter. Målet för analysen är att finna, karakterisera och rangordna de mest sannolika hypoteserna. Situationsanalysen är en kronologiskt ordnad process där data anländer över tiden och analysen successivt förfinas mot en allt mer detaljerad och säker bästa hypotes.

4.1.3 Hotanalys

Hotanalys är en process med flera olika perspektiv. Här analyseras risker och möjligheter för de egna styrkorna att möta motståndaren på ett effektivt sätt. Resultatet av den tidigare situationsanalysen kombineras med erhållna indikationer om motståndarens avsikter samt förhandslagrad information från tekniska och doktrinära databaser för att leverera en fullständig hotanalys.

4.1.4 Adaption

Adaption betecknar en kategori av processer, som syftar till att förbättra resultatet av en datafusionsprocess genom styrning av insamlings- och tolkningsprocesser, med utgångspunkt från identifierade brister i det producerade resultatet, dvs en generell form av *återkoppling*. En sensorfusionsprocess kan t ex ha resulterat i alltför vida felgränser för positionen hos ett mål. I en adaptionprocess identifieras detta problem och tillräckliga sensorresurser för att bringa ned felet till godtagbar nivå tilldelas.

4.1.5 Beslutsfattande

Som resultat av situations- och hotanalyserna levereras ett antal tänkbara handlingsalternativ för de egna styrkorna. Beslutsfattaren kan direkt observera både den genomförda situations- och hotanalysen samt studera de mest lovande föreslagna handlingsalternativen inför sitt beslutsfattande.

4.1.6 Konkretisering: operationsledarens katekes och datafusionens nivåer

I sin föreläsningsserie om datafusion [12] ger den amerikanske datafusionsexperten James Llinas följande sammanställning av sambandet mellan operationsledarens grundläggande frågeställningar ("katekesfrågor") och de olika nivåerna av datafusion:

Tabell 1. Sambandet mellan katekesfrågor och datafusionens nivåer

Katekesfråga	Erforderlig information	Berörd DF-nivå
Var är jag?	position	1
Var är fienden?	position	1
Vad gör han?	aktiviteter, händelser, beteende	2, 3
Hur kan jag få övertag?	alternativanalys	-
Hur kan jag besegra honom?	alternativanalys	-
Är jag i balans?	aktiviteter, händelser, beteende	2, 3
Hur länge tills ...?	relativa positioner / (egna & fiendliga)/ modeller för plattformsprestanda	1
Hur kommer läget att bli ...?	lägesprediktion	2, 3
Vad är viktigast?	kritiska indikatorer	1, 2, 3
Hur ska jag göra det?	planeringsstöd	-

4.1.7 Datafusionens utveckling

Datafusionsutvecklingen har sedan 1970-talet letts av den militära forskningen. Sedan mitten av 1980-talet har dock en snabb utveckling skett för den akademiska forskningen inom metodik som *management of uncertainty*, *machine learning* och *soft computing / intelligent hybrid systems* för de högre datafusionsnivåerna.

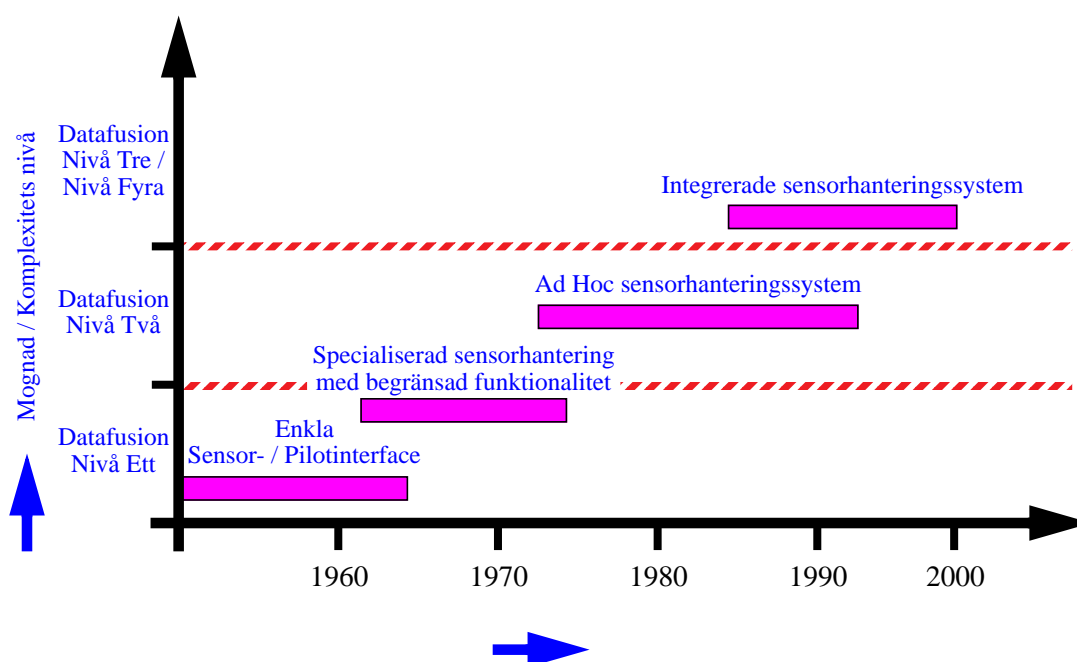
På låg nivå (nivå 1: multisensordatafusion) har datafusion haft en framgångsrik utveckling sedan 70-talet inom både forskning och tillämpning. Denna utveckling förväntas fortsätta med både större bredd och djup. Högre nivåers datafusion (nivå 2: situationsanalys / nivå 3: hotanalys) har fått ökad uppmärksamhet inom forskningen sedan mitten av 80-talet, figur 2. På sista tiden har även adaptation (nivå 4) blivit ett prioriterat område. Det är på dessa högre nivåer som de största möjligheterna ligger till nya genombrott.

Internationellt sker ungefär 2/3 av forskningen inom datafusion på delområdet multisensordatafusion, och 1/3 av forskning på högre nivåer: situations- och hotanalys samt adaptation.

Ett av de mer framträdande metodområdena inom datafusion har varit *fuzzy logic*. Fuzzy logic har under senare år rönt ett stort genomslag inte minst inom kommersiella styrtillämpningar på låg nivå. Under den närmaste 15 åren kan man förvänta sig ett liknande genombrott för datafusionsmetoder på de högre nivåerna i allmänhet (nivå 2-4). Ett sådant genombrott kan förväntas ske i ett lugnare tempo än det mycket snabba genombrottet för fuzzy logic, dock torde dess betydelse bli avsevärt större, särskilt inom tillämpningar som syftar till beslutsstöd på chefsnivå, både civilt och militärt.

En betydelsefull utveckling i det lite längre perspektivet är integration av olika datafusionsmetoder till så kallade *intelligent hybrid systems* för att åstadkomma system med förmåga till både resonemang och inlärning. En framgång för denna utveckling skulle leda till genuint adaptiva resonerande system för att hantera osäker, ofullständig och motstridande information på alla datafusionsnivåer.

Figur 2. Datafusionens utveckling.



4.2 Datafusionsforskningens aktörer inom och utom landet

I detta avsnitt ger vi, utan alla anspråk på fullständighet eller exakthet, en svepande översikt över datafusionsforskning i olika länder. En detaljerad och fullständig genomgång skulle kräva större utrymme och långt mer specialiserad information än vi velat ägna detta avsnitt, vars syfte enbart är att ge läsaren en första uppfattning om vilka länder och typer av organisationer som varit och är aktiva på området.

4.2.1 USA

I USA har datafusion varit ett erkänt forskningsområde under mer än ett decennium, även om det först under 90-talet förekommit på bred front i öppen litteratur och i civila tillämpningar.

Där bedrivs en bred verksamhet på datafusionsområdet vid flera militära forskningslaboratorier, universitet och försvarsindustrier. Huvuddelen av verksamheten sker fortfarande på nivå 1 även om mycket görs även på högre nivåer. Här finns en årlig konferens i datafusion gemensam för de tre vapenslagen. Denna konferens är numera öppen. Det finns även en årlig konferens och ett årligt symposium om beslutsstödssystem och beslutsstödsmetodik. Viss datafusionsforskning presenteras även här.

En kommitté tillsatt av *Joint Directors of (DoD) Laboratories*, kallad *Data Fusion Subgroup*, bildades i början på 1990-talet och har bl a formulerat den övergripande modell, den s k JDL-modellen, för datafusionsprocessen som ligger till grund för vår framställning i avsnitt 4.1. Man genomförde också symposier, som till en början endast var öppna för amerikanska forskare med försvarsanslag. Behovet av en tidskrift inom området diskuterades, men någon sådan har av olika anledningar inte skapats förrän i år (se nedan).

Vid State University of New York (SUNY) at Buffalo finns en datafusionsgrupp (prof James Llinas) som arbetar med det amerikanska flygvapnet som f n viktigaste avnämaren.

4.2.2 NATO m fl

Även andra västländer har länge bedrivit datafusionsforskning. I avsnitt 4.4 beskrivs ett antal projekt där ett eller flera NATO-länder deltagit. Kanada, Storbritannien och Australien har genomfört framgångsrika egna projekt.

En stor forskargrupp ledd av professor Chris Harris vid universitetet i Southampton i England har arbetat i tio år med multisensordatafusion, målföljning, sensorstyrning och datafusionsarkitektur. En av gruppens viktigaste insatser rör utveckling av s k *neuro-fuzzy systems*, som baseras på en kombination av neuronnätsteknik och fuzzy logic.

4.2.3 Sverige

I Sverige finns en framgångsrik forskargrupp som arbetar med multisensordatafusion vid CelsiusTech. Även SAAB Gripen har en forskargrupp som sysslar med multisensordatafusion.

FOA har länge forskat inom områden som idag skulle kallas datafusion, inte minst grundat på insikten att informationstekniken skapar allt större potential för att skapa, och användarna känner allt tydligare behov av, mer "intelligenta" sensorer och sensorsystem. Termen som sådan har dock bara använts av FOA de senaste fem åren ungefär. Idag bedrivs forskning inom multisensordatafusion, situationsanalys och beslutsstödsmetodik.

I FOA-rapporten "Multisensorteknik och datafusion - ett FOA-perspektiv" [43], beskrivs ett antal FOA-projekt som behandlar problematiken kring olika sensorsystem, datafusion och datarepresentation. Fokus ligger på beskrivning av metoder, modeller och tekniker tillämpbara på multisensorsystem. I en bilaga ges en sammanställning av egenskaper hos sensorer av olika typ: radar, SIS, laserradar, passiv elektrooptik (IR och multispektral), biosensorer.

FOAs institution för informationssystemteknik har en kompetensgrupp för datafusion med en femtontal medlemmar, driver egna projekt på området och deltar i datafusionsstudier inom större projekt vid andra institutioner och avdelningar. I en särskild bilaga till denna rapport finns listade publikationer som skrivits av en mindre grupp forskare som sedan 1995 ingår i denna kompetensgrupp och som främst arbetat inom området metodik för situationsanalys.

Ändå anser vi att begreppet datafusion är föga känt i Sverige, både akademiskt och inom försvaret, trots att civil svensk forskning inom besläktade områden som t ex datorseende och robotik håller hög internationell klass. Det har alltså funnits ett stort behov av att sprida information om datafusionsteknik i Sverige, liksom av att skapa kontakter mellan forskare i området.

4.2.4 Litteratur, konferenser och professionella organisationer

På senare år har en rad böcker som behandlar området givits ut [13] [14] [15] [16], och kurser hålls regelbundet av flera internationellt verksamma företag. I november 1996 hölls ett *First Australian Data Fusion Symposium* [19] där ett av föredragen hölls av tre forskare från CelsiusTech Systems. En ny konferens i samma serie kommer att äga rum i februari 1999, då med flera föredragshållare från Sverige och FOA.

Sommaren 1998 hölls i Las Vegas *The 1998 International Conference on Multisensor-Multisensor Information Fusion (FUSION'98)* [21] som av arrangörerna beskrivs som "the first international conference on sensor information fusion". Flera föredrag av FOA-forskare presenterades där, och konferensen kommer att följas av *Fusion'99* i Sunnyvale, Kalifornien sommaren 1999.

I oktober 1998 anordnade *Defence Evaluation and Research Agency (DERA)* i Malvern, England, konferensen *EuroFusion98* [22], som är en öppen och internationell efterföljare till ett antal interna datafusionskonferenser med enbart engelska deltagare som DERA tidigare anordnat. Även denna konferens planeras bli årligen återkommande och även här presenterades bidrag av FOA-forskare.

Ett internationellt datafusionssällskap (*International Society of Information Fusion*; <http://www.inforfusion.org>) håller på att bildas hösten 1998, och den första internationella tidskriften inom området, *International Journal of Multi-Sensor, Multi-Source Information Fusion*, annonserades sommaren 1998 av det holländska förlaget *Elsevier*.

4.2.5 Närliggande akademiska discipliner

En verksamhet som är nära besläktad med forskningen om informationsfusion är den akademiska disciplinen *Management of Uncertainty*. Här utvecklas teori och metodik för att hantera osäker information. Exempel på metoder är fuzzy logic, bayesianska nätverk, Dempster-Shafer-teori, neurala nätverk, genetiska algoritmer, kvalitativa resonemang etc.

I universitetsvärlden bedrivs forskning inom fuzzy logic, bayesiansk kalkyl och Dempster-Shafer vid några tiotal universitet. Forskningen inom fuzzy logic domineras av en stor och mycket framgångsrik grupp vid universitetet i Toulouse (prof Didier Dubois och prof Henri Prade). En framstående grupp som bl a arbetat med fuzzy logic för styr-

ning av maskiner, men också gjort betydelsefulla teoretiska arbeten, finns vid universitetet i Magdeburg (prof Rudolf Kruse).

Inom området bayesianska nätverk är USA dominerande. Ledande är en grupp vid UCLA i Kalifornien (prof Judea Pearl). Betydelsefulla insatser bedrivs även vid några andra amerikanska universitet och vid Microsoft dit några av de ledande forskarna flyttat. Vid universitetet i Aalborg i Danmark bedrivs också en framgångsrik verksamhet (prof. Steffen Lauritzen). Denna grupp har bl a utvecklat det första kommersiella systemet för problemlösning med hjälp av bayesianska nätverk, kallat HUGIN, och som är baserat på teoretiska resultat av Lauritzens forskning.

Inom området Dempster-Shaferteori är Europa dominerande. Den ledande gruppen finns vid Fria Universitetet i Bryssel (prof Philippe Smets). I mindre skala bedrivs verksamhet vid en mängd olika universitet i Europa, bl a i Frankrike, England, Schweiz och Nordirland. I USA finns en betydelsefull grupp vid universitetet i Kansas.

I universitetsvärlden finns verksamhet inom Management of Uncertainty, inriktad mot användning av fuzzy logic för styrning, vid institutionen för datavetenskap (IDA) vid Linköpings universitet. Vid filosofiska institutionen vid Lunds universitet finns en grupp med inriktning mot kognitionsvetenskap som bland annat har arbetat med teori för resonemang under osäkerhet. Vid institutionen för data- och systemvetenskap (DSV) vid Stockholms universitet finns en grupp som sysslar med beslutsteori och därvid även varit intresserad av resonemang under osäkerhet. Vid institutionen för numerisk analys och datalogi (NADA) på KTH finns en grupp som forskar kring neuronät. Datafusion har även blivit betydelsefullt inom robotik. Här finns vid bl a KTH och LiTH ett *Centre for Autonomous Systems*.

4.3 Amerikanska planer och prognoser inom datafusionsområdet

I en rapport kallad *C4I for the Warrior* [9] beskrevs redan 1992 en samordning och utveckling av USAs C4I-system. Programmet innehöll tre faser, *Quick Fix Phase* (1992-2000), *Mid-Term Phase* (1995-2005) och *Objective Phase* (2000+). Målet var att åstadkomma:

“en fusionerad (*fused*), sann representation av krigarens stridsrum i reell tid - förmåga att beordra, reagera och koordinera horisontellt och vertikalt i den utsträckning som krävs för att genomföra hans uppdrag i detta stridsrum”

För att uppnå detta under *Objective Phase* satsade man då speciellt på forskning inom:

“tillämpning av artificiell intelligens (AI); flernivåssäkerhet (multilevel security); datakomprimering och datafusion; gemensamma plattforms- och gränssnittsprinciper”

Vidare hävdade man i rapporten:

“artificell-intelligenstekniker (AI) kommer att möjliggöra effektivare fusion och fullständigt integrerade multimediala och multifunktionella arbetsstationer som möjliggör beslutsfattande i nära realtid”

I *National Critical Technologies Report 1995* [10] skrivs i ett kapitel om Information and Management:

“Förmåga att styra och hantera de ökande informationsmängder som är tillgängliga för oss idag kvarstår som en stor teknisk utmaning. Särskilt kritiska komponenter i denna förmåga är: datafusion, dvs förmåga att integrera data från en mängd olika källor till en meningsfull form; ...”

“Datafusion har också viktiga tillämpningar inom nationell säkerhet och krigföring. Att kunna framhäva viktiga samband och samtidigt undertrycka överflödigt information får direkt tillämpning när befälhavare skall fatta taktiska och strategiska beslut. Till deras hjälp kommer ett digitaliserat stridsrum att presenteras, inom ramen för ett integrerat system för beslutsstöd”

Rapporten säger också att USA har ett litet försprång inom datafusion gentemot både Europa och Japan. Detta försprång påstås ha varit oförändrat under de närmast föregående fem åren.

I rapporten *New World Vistas Air and Space Power of the 21st Century, Information Technology Volume* [27], den framtidsstudie som det amerikanska flygvapnet genomförde 1995 med sikte på de närmaste två-tre decenniernas tekniskt-vetenskapliga utveckling, skriver man angående datafusion och förmåga till automatiskt resonerande:

“I alla realistiska problemsituationer måste resonemang kunna föras under icke-ideala förhållanden. Intelligent informationssystem måste kunna hantera data som är oprecisa, ofullständiga, osäkra och varierande över tiden. De måste kunna hantera domänkunskap som är ofullständig, och de måste göra detta under uppfyllande av höga krav på realtidsprestanda. (...) Sådana metoder kommer troligen att bli de vanligaste resonemangsmetoderna om 10-20 år. I den stora världen av datortillämpningar kan dessa “mjuka” resonemang komma att bli viktigare än numeriska beräkningar.”

Om adaptation fortsätter man:

“Praktiskt taget alla viktiga tillämpningssystem kan göras mer kraftfulla om de kan fås att lära sig av erfarenheten. (...) Grundläggande forskning har steg för steg utvecklat den grundläggande teknologin för maskininlärning i mer än två årtionden. En mängd olika inlärningsmetoder - som innefattar beslutsträdsinduktion, neuronnät, genetiska algoritmer, förklaringsbaserad inlärning (*explanation-based learning*) och instansbaserat resonerande (*case-based reasoning*) - har empiriskt visat sig användbara för en bred uppsättning realistiska problemställningar”.

Avslutningsvis ger rapporten en mängd prognoser över framtida teknikutveckling enligt mallen *What? When? Why Important?* Några av de mest intressanta för datafusionens utveckling är angivna i tabell 2.

I [28] ges följande karakteristik av nuläget inom US Air Force beträffande utnyttjandet av datafusionsmetoder:

“Funktioner på datafusionsnivå 1 har den största mognaden, och ett stort antal sådana algoritmer har testats mot både simulerade och reella data. System för automatisk måligenkänning är fortfarande alltför känsliga för variation i målets parametrar. De flesta programsystemen på nivå 2 och 3 är omogna och störningskänsliga, delvis på grund av att de gjorts alltför starkt beroende av aprioriföreställningar om målets egenskaper. Resonerande expertsystem är vanligen inte integrerade med de underliggande funktionerna på nivå 1. Nivå 4 består av uppgiftsplanering, styrning av inhämtning, algoritmstyrning och hantering av motåtgärder. Uppgifts- och algoritmstyrningsprocesserna är inte tillräckligt utvecklade. Typiska styrsystem för dessa ändamål är manuella eller använder en fast algoritmstruktur. Styrning av inhämtning möter praktiska svårigheter på sensornivå eftersom tillräckligt flexibla gränssnitt mellan sensorsystem och tillämpningsprogram vanligtvis saknas”.

“Fastän teorin för datafusion är väl utvecklad har de flesta försök att åstadkomma långt-

- mängden sensordata har redan nått den punkt där automatisering blir nödvändig, eftersom enbart mänskliga operatörer inte längre räcker till för att utvärdera all den information som finns tillgänglig på slagfältet
- den allt snabbare takten i modern krigföring kräver mer automation
- forskning bör inriktas på uppgiften att övervaka vår egen militära infosfär för att kunna skydda den mot såväl fredstida som krigstida hot
- långsamma men oavbrutna framsteg görs inom viktiga områden, men forskning måste finansieras systematiskt över mycket lång tid för att målet automatisk fusion skall nås”

Morefield beskriver sedan ett antal “iakttagelser” angående dagens sätt att använda datafusion inom USAF:

- “1. Nuvarande informationsarkitekturer till stöd för situationsmedvetande på slagfältet är osystematiska. Det förekommer att för sen eller felaktig information presenteras för operativa användare. ... Faktorer som har påverkat dagens konstruktioner innefattar:
- avsaknad av en integrerad informationsarkitektur för slagfältet
 - motstridande målsättningar hos producent- och användarsamfunden
 - avsaknad av interoperabla datalänkar
 - fördröjningar förknippade med manuell fusion
 - regelverken för sekretess
2. Automatiska fusionssystem behövs för att övervaka den militära infosfären. Utvecklingen av programvaruvapen kommer att leda till att nya datafusionsteknologier och sensorer måste utvecklas
3. Försök att automatisera fusion för avionik och andra svåra tillämpningar har inte varit särskilt framgångsrika, vilket lett till en utbredd skepsis rörande dess användbarhet i strid
4. Automatisk fusion är betydelsefull eftersom det kommer att ge USA en kvalitativ fördel på framtidens slagfält. ... Betydande framsteg behöver göras på automatiseringsområdet om hela potentialen hos framtida informationsarkitekturer skall kunna förverkligas. Sensordataflödena kommer att öka starkt under nästa århundrade, såväl ombord som på marken. Det kommer inte att gå att utnyttja denna störtflod av sensordata utan tillgång till nya automatiska fusionssystem som kan integrera multipla informationskällor såväl ombord som på marken.”

Även om Morefield alltså medger att tillämpning av “automatisk datafusion” mött stora problem, bör efter vår genomgång betydelsen av datafusion stå klar: *datafusion är centralt i ett modernt lednings- och underrättelsesystems informationsbehandlingsprocess och får över tiden en ständigt ökande betydelse.*

Denna insikt har nu också nått tidskriftspressen. I en artikel i *The Economist* [34] sägs med hänvisning till amiral Owens tankar om ett *System of systems*:

“Den militära revolutionen (*revolution in military affairs*) kretsar kring tre landvinningar. Den första rör insamling av underrättelser. Sensorer i satelliter, flygplan eller obemannade flygfarkoster kan övervaka praktiskt taget allt som pågår inom ett område. Den andra rör bearbetning av underrättelser. Avancerade lednings- och bearbetningssystem, med beteckningen C4, *skapar mening av de data som samlas in* av sensorerna och presenterar den på bildskärmen. De kan sedan tilldela specifika mål till missiler, stridsvagnar eller vad det än må vara. Den tredje rör agerande på basis av alla dessa underrättelser - speciellt genom att

utnyttja långräckviddiga precisionsattacker för att förstöra målen. Kryssningsrobotar, instyrda av satelliter, kan träffa en enstaka byggnad på många hundra kilometers avstånd.”

Slutligen vill vi peka på hur *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)* med två program vill bidra till att förverkliga visionen om det digitala stridsrummet. Vi understryker att dessa program inte är de enda som DARPA driver på datafusionsområdet (ännu ett DARPA-program beskrivs i avsnitt 4.4.4).

Programmet *Advanced Cooperative Collection Management* omfattar 50 MUSD under de tre åren 1998-2000 med option på ytterligare två år:

“**Advanced Cooperative Collection Management (ACCM)**

ACCM kommer att revolutionera styrning av underrättelseinhämtning genom att välja och kontrollera plattformsbåtar och sensorplaner på ett sådant sätt att prioriterade mål och områden avsöks med rätt sensor(er)/sensormoder, från rätt sensorvinkel vid rätt tidpunkt. ...

ACCM kommer till en början att inriktas på utveckling av teknik inom två funktionsområden:

- *Requirements and Priority Management (RPM)* som tar emot prioriterade informationsbehov och levererar prioriterade och funktionellt genomförbara inhämtningskrav för en given klass underrättelsekällor,
- *Multi-Asset Management (MAM)* som bestämmer plattforms- och sensorscheman för alla ISR-plattformar tvärs över existerande beslutshierarkier.

Målsättningen på längre sikt innefattar automatisk planering av underrättelseinhämtning, planövervakning och dynamisk invisning (*cueing*).

Alla ISR-plattformar och -sensorer kommer på längre sikt att planläggas med hjälp av metoder utvecklade inom ACCM-programmet. Till en början kommer programmet dock att fokusera på *High Altitude Endurance (HAE) Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)*, *Global Hawk* och *Dark Star*. Beträffande sensorer är inriktningen till en början radar och EO/IR.”

Programmet *Planning and Decision Aids*, med en budget på 35 MUSD under åren 1997-2001, avser att bidra till utvecklingsansträngningen inom det med datafusion nära besläktade området beslutsstöd:

“**Planning and Decision Aids**

Målet för detta program är att utveckla och demonstrera teknik som kommer att bilda grunden för att skapa framtida snabbt reagerande, effektiva C2-system för nära realtid som kan fylla dessa behov. Den övergripande utmaningen är att förändra gällande planerings- och beslutsparadigmer genom att skapa extremt snabba automatiska funktioner som kan operera i nära samverkan med mänsklig förmåga och därigenom möjliggöra övergång från långsamma analys- och beslutsprocesser till snabbt, reaktivt beslutsfattande anpassat till kriser med högt operationstempo. Dessa funktioner kommer att ge befälhavare överlägsen förmåga att behärska komplexa, dynamiska och intensivt stressbelastade situationer.”

4.4 Några särskilt intressanta utländska projekt

4.4.1 NATO Data Fusion Demonstrator

Ett för oss särskilt intressant projekt är den demonstrator som sex NATO-länder (Storbritannien, Tyskland, Canada, Nederländerna, Danmark, Italien) utvecklat och nyligen tagit i drift [49]. Projektet och systemet kallas *NATO Data Fusion Demonstrator* (DFD). Här simuleras förloppet av ett scenario, som hittills varit av kallakrigstyp, men scenarier kan definieras tämligen fritt. Scenariet genererar ett flöde av underrättelserapporter, dvs sensorerna abstraheras som rapportgeneratorer med utinformation strukturerad enligt NATO-standarden AdatP3. Olika fusionsmetoder/algoritmer får verka på detta underlag tillsammans med annan aprioriinformation, bl a omgivnings- och doktrininformation, och ger en lägesbild som av simulatören kan jämföras med "facit".

I [49] beskrivs DFD-systemet översiktligt, och resultaten av två olika utvärderingar diskuteras. Den första utvärderingen, *Manual Fusion Exercise (MFE)*, var en ren underrättelseövning med deltagande av underrättelseofficerare från alla i projektet deltagande nationer. Övningen gav värdefull information till projektet om hur underrättelseofficerare arbetar, och den utvärderade också det scenario som användes för att testa DFD-systemet. Den andra utvärderingen, *Automated Fusion Evaluation (AFE)*, syftade till att värdera den operationella potentialen hos automatiserad datafusion. Slutsatsen var att DFD framgångsrikt har visat att det finns rika möjligheter att öka automatiseringsgraden i den taktiska underrättelseprocessen och därigenom stödja och avlasta underrättelseofficeraren. Samtidigt har man pekat ut en rad områden där fortsatt forskning och utveckling krävs för att skapa ett operativt användbart system.

Eftersom DFD-projektet har haft en målsättning som liknar den som gäller för vårt eget tilltänkta demonstratorprojekt har vi valt att nedan göra en ganska detaljerad beskrivning av NATO-demonstratorns struktur och delprocesser. Existensen av detta projekt med sina till stor del öppna resultat gör det naturligtvis lättare för oss att identifiera och fokusera på sådana problem som är svåra att lösa, respektive att lägga större vikt vid att ta fram metoder som har bättre förmåga att representera och behandla de viktigaste frågeställningarna inom situations- och hotanalysen. En uppenbar skillnad är dock att vi inte kan nöja oss med att konstruera och analysera ett kallakrigsscenario, utan måste ha förmåga att hantera ett relativt stort spektrum av kris- och krigssituationer som kan inträffa i framtiden.

I rapportens inledning ges en sammanfattning över vilka automatiseringsmöjligheter man sett i underrättelseprocessens olikadelar:

Tabell 3. Översikt över möjligheter till automatisering i taktisk undtjänst [49]

Process	Beskrivning	Möjlig automatisering
Uppgiften	Ställs av överordnad enhet	-
Situationsanalys	Analys av terräng, väder och fienden	Digitala terrängmodeller för bl a siktområden och framkomlighet
Planen	Utarbetande av inhämtningsplan	Textbehandling, fasta formulär

Tabell 3. Översikt över möjligheter till automatisering i taktisk undtjänst [49]

Process	Beskrivning	Möjlig automatisering
Inhämtningen		
Medel	Observation av fienden	Flera sensorsystem ger mer info
Kommunikation	Inrapportering till överordnad enhet	Säkrare kommunikation, automatiskt mottagande av rapporter
Bearbetningen		
Registrering	Registrering och journalföring av rapporter	Användning av databassystem ger bl a möjligheter till strukturering, sortering och sökning
Bedömning	Värdering av källans pålitlighet och innehållets trovärdighet	Möjligheter till automatisering begränsande till en början
Tolkning	Logisk och objektiv analys och värdering av situationen	Här finns flera möjligheter till automatisering. Hänvisning till kommande rapport.
Värdering	Värdering och uppskattning av hypotetiska möjligheter i situationen	Beräkning av bl a stridsförmåga och styrkeförhållanden
Presentationen	Presentation av underrättelser i form av kartsymboler	Användning av geografiska informationssystem

DFD-systemet består tre huvudmoduler, *Event Simulator System (ESS)*, *Test Monitor System (TMS)* samt *Data Fusion System (DFS)*. Indata till systemet är dels en rörelsebeskrivning, dvs varje enhets rörelse som funktion av tiden, dels en underrättelseplan som bl a anger vilka sensorer som skall användas, var och när. I ESS skapas med utgångspunkt i dessa informationer dels den sanna fiendebilden (*Simulated Ground Truth, SGT*), dels ett stort antal sensorrapporter i NATOs standardformat *AdatP3*. Via TMS sänds dessa rapporter, eller en delmängd av dem, till DFS, som bearbetar och tolkar dem samt sänder den resulterande tolkade fiendebilden tillbaka till TMS, där den kan jämföras med SGT.

Event Simulator System

Detta delsystem består i sin tur av tre moduler, *Scenario Handler*, *Sensor Handler* och *Message Processor*.

Scenario Handler består av fyra undermoduler:

- *Forces Editor*: generering och underhåll av databas över materiel, organisation och uppgiftsfördelning
- *Scenario Description File (SDF) Parser*: översätter den textbaserade SDF till en Scenario Activity Database
- *Route Planner*: används för att skapa en detaljerad ruttplan för alla enheter i simuleringen
- *Scenario Editor*: används dels för att generera och underhålla situationsbilden på enhetsnivå, dels för att generera och underhålla SGT-databasen. Denna innehåller position, hastighet, riktning och aktivitet för varje enhet med minutupplösning.

Sensor Handler simulerar vad de olika sensorsystemen ser av situationen. Den har fyra undermoduler:

- *Sensor Modeling*: beräknar sensorers operativa parametrar
- *Sensor Tasking*: specificerar sensorsystemets uppgifter med utgångspunkt bl a från en inhämtningsplan (ex: anger flygbana för luftburna sensorer)
- *Sensor Observation*: genererar beskrivningar av olika enheters rörelse och aktivitet med sekundupplösning genom interpolation av SGT-databasens uppgifter
- *Sensor Output*: genererar simulerad sensorutmatning.

ESS innehåller sex olika sensormodeller. Fem av dessa levererar ENEMY SITREP-rapporter, medan den sjätte (Air Reconnaissance) levererar RECCEXREP-rapporter. Sensorsystemen är MTI-radar, RPV med Thermal Imager (TI), Electronic Intelligence (ELINT), Forward Observer (FO), Communications Intelligence (COMINT) samt Air Reconnaissance.

Message Processor har till uppgift att konvertera sensorutmatningen till rapporter i AdatP3-format samt lagra dem i en *Message File*, som senare används som indata till TMS. Den består av följande undermoduler:

- *Sensor Data Viewer*: för visualisering av utmatningen från *Sensor Handler*
- *Sensor to AdatP3 Converter*
- *AdatP3 Editor*, med vars hjälp man manuellt kan ändra innehållet i de genererade rapporterna samt lägga till nya rapporter (t ex väderrapporter)
- *Message File Generator*, som lagrar rapporterna i en textfil

Data Fusion System (CFS)

Själva fusionssystemet är uppbyggt med två huvudmoduler, *Asynchronous Message Assembly Unit (AMAU)* och *Correlation, Aggregation, Fusion, System Determination (CAFSD)*.

AMAU-modulen har till uppgift att läsa inkommande rapporter samt kontrollera att de har en korrekt syntax. Korrekta meddelanden bryts ned i de enheter, händelser och aktiviteter som nämns i rapporten, varefter dessa informationer lagras i MsgDB, meddelandedatabasen.

CAFSD-modulen är den centrala modulen i CFS, där den egentliga datafusionen sker. Modulen består av ett CAF-block samt en rad stödfunktioner, alltsammans kontrollerat av *CAFSD Manager*.

De viktigaste stödfunktionerna är:

- MsgMstr, som kontrollerar strömmen av rapporter till modulen
- MODIF, som möjliggör att användaren kan korrigera de resultat CAF-processen levererar
- SOS (*Situation Object Selector*), som av alla de hypoteser som vid en viss tidpunkt befinner sig i situationsdatabasen (SitDB), väljer den mest sannolika och konsistenta situationsbilden

- SitDB (situationsdatabasen) innehåller de observerade enheter, händelser och aktiviteter samt de hypoteser som hela tiden produceras av fusionsprocessen.

Datafusionsprocesserna utgörs av en rad delprocesser, som på olika sätt kombinerar informationer som kan vara ofullständiga, oprecisa, missvisande eller till och med motsägande samt härröra från olika tidpunkter. Fastän det inte råder enighet om hur dessa processer bäst bör utföras, varken bland underrättelseofficerare eller bland datafusionsforskare, är det uppenbart att tillgång till bakgrundsinformation i form av fiendens organisation (*Order of Battle*) och doktrin spelar en viktig roll. I DFD-projektet har man valt att göra följande nedbrytning av datafusionsprocessen:

- *klassificering* (kategorisering) är en process som placerar in ett objekt i en klass eller en typ inom en klass. Klassificeringen, som görs med utgångspunkt från fiendens organisation och doktrin, används särskilt för att bestämma truppsymbol och storlek hos en observerad enhet så att den kan placeras in på rätt plats i organisationshierarkin
- *korrelation* är en process som kombinerar information från olika källor (sensorer) som hänför sig till samma objekt, aktivitet eller händelse. Korrelation används särskilt för att hålla reda på en observerad enhets rörelser
- *aggregering* (sammanställning) är en process som kombinerar relaterade objekt så att fiendens hierarkiska organisation framträder. Denna process ger bl a underlag för att ställa upp hypoteser om en överordnad enhets existens och uppgifter
- *fusion* är en process som kombinerar ofullständig och oprecis information från olika källor (sensorer) angående ett eller flera objekt. Exempelvis kan en luftburen radar ofta bestämma antalet fordon i en kolonn med god noggrannhet, medan en ELINT-sensor kan bestämma viss materiel med hög precision utgående från emissionsdata.
- *situationsbestämning* är den process som på basis av de tidigare nämnda processerna producerar den mest fullständiga och konsistenta hypotesen för fiendebilden.

Resultat av utvärderingen

En rådgivargrupp, bestående av militära experter, deltog i oktober 1997 i ett spel baserat på DFD. Rådgivargruppen studerade resultaten från demonstratorn i relation till det framskridande scenariet och gjorde följande övergripande bedömningar:

- klassificering av observerade enheter och presentation av denna är ett mycket effektivt och tidsbeparande verktyg för underrättelseofficeren
- det är viktigt att rapporter följer ett fast standardformat, i detta fall AdatP3, för att möjliggöra effektiv databearbetning
- möjligheten att direkt koppla samman element i situationsbilden med sina tillhörande rapporter underlättar efterkontroll och värdering av trovärdighet hos en slutsats
- korrelation och därtill hörande historik bidrar till att ge en klar bild av framryckningsvägar
- automatisk aggregering som den utförs i DFD är ännu inte mogen att direkt avlasta underrättelseofficeren, men som ett interaktivt verktyg kan det användas som ett hjälpmedel för att underlätta arbetet och bidra till att förenkla situationsbilden

- olika slags filter som ger möjlighet att framhäva respektiva välja ut vissa områden, enheter och händelser, är verktyg som hjälper användaren att fokusera på det väsentliga samtidigt som överblicken bevaras

Man gjorde också en teknisk utvärdering av systemets förmåga att hantera spelets komplexitet. Resultatet av den utvärderingen utföll positivt och man konstaterade att systemet var stabilt och tillräckligt snabbt. I spelets inledningsfas hade DFD kapacitet att behandla rapporter i genomsnitt ca 100 gånger snabbare än en erfaren underrättelseofficers.

4.4.2 EUCLID Advanced Workstation for Command and Control Systems

EUCLID-programmet (*EUropean Cooperation for the Long term In Defence*) är ett europeiskt försvarsforskningsprogram inom *WEAG*, *Western European Armaments Group*. Inom *EUCLID*s område 6 arbetar man med *Advanced Information Processing and Communications*. De militära funktioner som identifierats som prioriterade tillämpningsområden är följande:

- Command and Control for Army, Navy, Air Force and Joint Forces
- Surveillance
- Reconnaissance
- Intelligence Support
- Electronic Warfare

Det *EUCLID*-projekt som är särskilt relevant för informationsfusion i underrättelsetillämpningar är projektet RTP 6.1, *Advanced Workstation for Command and Control Systems* [60]. Projektet leds av Logica UK Ltd och har till uppgift att driva på utnyttjandet av artificiell intelligens och avancerade programvarutekniker i framtida C3I-system. Övriga medlemmar i konsortiet, som kallar sig *GRACE* (*Grouping for Research into Advanced C3I for Europe*), är 17 företag och institut från Danmark, Frankrike, Italien, Nederländerna, Norge och Spanien.

Projektet är indelat i arbetspaket, av vilka de viktigaste är:

- Metoder och verktyg: Automatisk rapportanalys, analyserar inkommande rapporter och skapar en *Wide Area Picture* (*WAP*) som indata till beslutsstödsprocessen Planering och Uppgiftsdefinition (*Planning and Tasking*); marint beslutsstöd, som utvecklar stöd för planering, anfallskoordinering och taktisk hotanalys för ytstrid; Beslutsstöd för armétillämpningar, som utvecklar stöd för terränganalys, Course of Action-konstruktion, manöverplanering och eldunderstödsplanering
- Arkitektur: *C3I Application Building Environment* (*CABLE*) är en plattform som stöder utveckling av C3I-tillämpningar som multipla, interagerande agenter; *HCI Framework* utvecklar ett generiskt stöd för användargränssnitt med bl a kartpresentation som kan styras av de individuella C3I-applikationerna
- Simulering och test: separata mark- och sjöstridssimulatorer levererar en rapportström som indata till *GRACE*-demonstratorn; *Test Harness* levererar funktioner för att logga och analysera prestanda, och för att jämföra resultat med "facit" från simulatören.

För vår del är automatisk rapportanalys och beslutsstöd för armé- och marintillämpningar av särskilt intresse.

Automatisk rapportanalys

Syftet med funktionen automatisk rapportanalys (ARA) är tvåfaldigt: att minska mängden data som behöver beaktas av ledningsgruppen och att se till att viktig information får prioritet. ARA läser simulerade rapporter från mark- eller sjöstridssimuleringen. Den använder *parsing*-tekniker för att extrahera informationsinnehållet från strukturerade meddelanden och använder detta som grund för att skapa en WAP. Senare kommer metodiken att kompletteras med nyckelordsanalys och rapportprioritering baserat på innehåll.

Representationen av WAP bygger på ATCCIS-modellen (se bilaga 2) och studerar användning av objektorienterade databassystem för att lagra informationen.

Slutsatsdragning med hjälp av fuzzy logic och fuzzy clustering har demonstrerats i marinscenariot och har kunnat identifiera viktiga fartygsgrupperingar och -beteenden, t ex huvudstyrka av "task force", ytattackgrupper, medellinje för framryckning och skärningsbeteende.

Marint beslutsstöd

Arbetet med marint beslutsstöd har tre huvudområden:

- taktisk hotvärdering
- tidskritisk planering mot ytattack
- planering av koordinerat anfall

Taktisk hotvärdering söker känna igen vilken plan fienden följer. Modeller av möjliga fientliga planer har konstruerats och de levererar uppgifter om vilken information som är att förvänta medan planen fullföljs. Rapporter om fienden används för att uppskatta sannolikheten för att han följer en viss plan samt i vilket stadium av planen han befinner sig. Planigenkänning har demonstrerats i fallet att en landstigningsstyrkas chef observerar en försvarande styrka. Nästa steg är att använda denna information för att förutsäga fiendens nästa observerbara åtgärd.

För att stödja planering av åtgärder mot ytattack har s k *constraint-baserade* metoder utvecklats för att planera optimala fartygsmanövrer. Tidskritiska *agentbaserade* metoder har utvecklats för att beräkna siktområden, för att finna kortaste användbara vägen mellan två punkter och för att beräkna vart ett fientligt fartyg kan ha nått vid en given tidpunkt i framtiden. Nyckelidén här har varit att utveckla tekniker som kan ge mer noggranna resultat, ju längre de tillåts exekvera, för att möjliggöra optimalt utnyttjande av tillgängliga beräkningsresurser i varje situation.

Planeringen av koordinerat anfall sker utifrån perspektivet hos chefen för en försvarande patrullbåtsdivision. Stöd ges för att generera en koordinerad anfallsplan som tilldelar egna fartyg och robotar till de olika målen i en fientlig angreppsstyrka. Genom att använda en kombination av resonemang under osäkerhet och *constraint-baserade* metoder kan planer genereras som tar fler faktorer i beaktande än som kan hanteras manuellt.

Beslutsstöd för armétillämpningar

Följande tre armétillämpningar för beslutsstödsmetodik har demonstrerats:

- beräkning av framkomlighetskorridorer
- CoA-jämförelser (Course of Action, se avsnitt 3.2)
- Planering av manövrering och eldunderstöd

Digitala terrängdata lagras i en objekt-relationell databas och kan presenteras med utbytbara överläggsbilder. Överläggsbilderna används för att visa områden med olika framkomlighet (tre klasser). Ur denna information beräknas korridorer av bestämd bredd, tillräcklig för passage med fordon av en viss typ. Metoden som används bygger på beräkning av s k *generaliserade Voronoidiagram*. Korridorerna ger sedan möjliga framrykningsvägar och noder mellan sådana, vilket ger en utgångspunkt för konstruktion av CoA. Det sistnämnda betraktas som en kooperativ process, och stöd för sådant grupparbete planeras i kommande versioner.

Stöd finns för att jämföra egna och fiendliga CoAs med hjälp av vapeneffektindex och vägda förbandsvärden. Dessa metoder kombinerar subjektiva värderingar av relativ vapeneffekt med sannolikhetsanalys av utfallen.

Konstruktion av en detaljerad manöverplan görs med stöd av constraint-programmering i kombination med *heuristisk sökning* i realtid. Med denna metod kan komplexa temporala, spatiella och taktiska villkor och kriterier beaktas vid planeringen.

Arbetet med eldunderstödsplanering har hittills fokuserats på optimal allokering av attackflygplan för *Close Air Support* från baser till mål. Optimeringsmetoden som använts är en variant av *simulated annealing* som ger en suboptimal lösning som blir bättre ju längre algoritmen får arbeta.

4.4.3 DREV-projekten ACTIF och CASE ATTI

DREV, *Defence Research Establishment Valcartier*, är en del av Kanadas försvarsforskningsorganisation som närmast motsvarar FOAs avdelningar för sensor- och ledningssystemteknik. Där har man utvecklat två demonstrations- och testsystem för taktisk informationsfusion, ett som kallas *Advanced Concepts on Tactical Information Fusion* (ACTIF) och ett annat som har fått namnet *Concept Analysis and Simulation Environment for Automatic Target Tracking and Identification* (CASE ATTI).

ACTIF är ett prototypsystem för informationsfusion i taktiska underrättelsetillämpningar, som bygger på erfarenheter från arbetet med NATO Data Fusion Demonstrator och som börjat omsättas till funktioner i en fältmässigt system, kallat IntRepID (*Intelligence Repository, Interpretation and Dissemination*). IntRepID är avsett att ge en fullständig bild av underrättelseläget för en ledningsstab på brigad- och divisionsnivå.

ACTIF är konstruerat för att hålla reda på fragmentarisk inkommande information, för att ge stöd för att dela in analysuppgifter i delar som kan hanteras av individer eller små grupper av analytiker, och för att sätta samman dessa resultat till en sammanvägd bild som lätt kan uppfattas av ledningsstaben. Allt detta måste kunna ske mycket snabbt och flexibelt för att underrättelseprocessen ska kunna hänga med i snabba förändringar av läget och den operativa målsättningen.

Text- och grafikbaserade analys- och presentationsmetoder visar omedelbart hur nyin-
kommen information bekräftar eller står i konflikt med gällande lägesuppfattning.
Verktyg för snabb sökning i doktrin- och historiedatabaser är avsedda att ge stöd för att
värdera trovärdigheten hos nya observationer eller rapporterade förändringar i fiendens
beteende och gruppering. Avancerade datahanteringsfunktioner ger stöd för snabb upp-
datering och för fusionering av ny information med gällande läge även om de två
beskrivningarna delvis står i konflikt med varandra. Operatören kan alltid backa till-
baka i analysprocessen, vilket är nödvändigt när ny information direkt motsäger gäl-
lande lägesuppfattning. Effekter av terräng- och väderförhållanden kan hela tiden
tillåtas påverka fusionsprocessen.

Föregångaren till ACTIF, TIF-demonstratorn, har använts i laboratorieexperiment
sedan 1992 och har lett till att både dess militära användare och utvecklingsgruppen
fått djup respekt för de svårigheter och fallgror som måste bemästras när man inför
automatisering på detta kritiska område av ledningsfunktionen. Proven har klart visat
på många av de fördelar som kan uppnås, och resultaten pekar ut processer som kan
automatiseras nu, men också i vilken riktning framtida forskning på området behöver
gå.

CASE ATTI är en testbädd för detaljerad simulering av sensorfusion under marina för-
hållanden. Systemet medger simulering av omgivningsfaktorer som påverkar prestanda
för sensorer och använder sig av användardefinierade scenarier som kan innefatta flera
plattformar (på, under och över ytan) och sensorsystem samt olika följnings- och
fusionsalgoritmer. Huvudsyftet är att studera algoritmer för multisensordatafusion: hur
kan man kombinera fragmentarisk målinformation från flera sensorer, som kan vara
monterade på olika plattformar och vilkas egenskaper och tillförlitlighet kan variera
starkt, så att man uppnår den bästa möjliga uppskattningen av position, rörelse och
avsikter hos ett mål.

Simuleringsomgivningens modulära uppbyggnad erbjuder flexibilitet till stöd för
sådana studier. Operatören kan definiera scenarier, specificera sensortyper och förmå-
gor, från generella till mycket detaljerade, beskriva hur målspar från olika plattformar
och sensorer ska fusioneras samt tolka simuleringsresultat. System med olika datafu-
sionsarkitekturer kan modelleras, från sådana där ett primärt sensorsystem levererar all
målsparinformation till sådana i vilka information från flera olika sensorer på flera
olika plattformar kombineras i en global fusionscentral. Man kan också ge "ledning"
(*cues*) till lokala sensorer genom att mata dem med lägesinformation från fusionspro-
cesser på hög nivå. Externt genererad sensorinformation från verkliga eller simulerade
sensorer kan också utnyttjas.

4.4.4 DARPA:s Dynamic DataBase-program

Dynamic DataBase (DDB) [61] är ett relativt nystartat program som annonserades i
september 1997. Dess sista fas III avslutas i oktober 2001. Programmets målsättning i
stort är följande :

“As the number of sensors, platforms, exploitation sites, and command and control nodes
continues to grow in response to Joint Vision 2010 information dominance requirements,
Commanders and analysts increasingly require the ability to rapidly sift through massive
volumes of sensor data over wide areas to assess both friendly and enemy situations. Com-
plicating this problem is the fact that current military situation assessment systems exploit

only a fraction of all available multi-sensor data, and are unable to maintain a spatio-temporal history of the battlespace suitable for detecting tactically significant patterns and events. Additionally, today's situation estimates are produced by disjoint, labor-intensive systems that react slowly and asynchronously to rapidly changing terrain, environment, and operational conditions.”

Notera här ordet “exploitation”, som är ett lösare begrepp än “fusion” och som inte förutsätter hur informationsutnyttjandet ska ske, eller i hur hög grad det skall vara automatiskt.

Sett ur tekniskt perspektiv har tre mål ställts upp målen för DDB-programmet:

- att effektivt kunna lagra väsentlig stridsområdesinformation och erbjuda enkel tillgång till alla sensorobservationer som görs över tiden
- att använda de resulterande sensorhistorikerna för att identifiera och fokusera användarens uppmärksamhet på väsentliga händelser i stridsområdet
- samt att fördela och synkronisera lokala situationsestimat över hela det distribuerade stridsområdet, vilket bl a innebär att man måste kunna “skarva ihop” lokala lägesbilder som varierar i tid och rum till en gemensam bild

Det förstnämnda målet innebär bl a att användarna ska ges snabb tillgång till en bred uppsättning sensorbaserad information av många olika slag: registrerad, mosaiksammanfattad, spatiell, temporal och spektral bakgrundsinformation för bild- och signaltolkning; korrelerade observationer av stridfältsattribut för fusion av information från alla källor; en fullständig historia över det observerade stridsfältet för planering av sensorutnyttjande; noggrant geopositionerade signaler och bilder för precisionsmålangivelse och insatsvärdering (*battle damage assessment*); samt kontinuerligt uppdaterade multi-sensorobservationer för att följa, analysera och värdera dynamiska militära operationer.

En central utmaning för att uppnå detta mål är utveckling av *databasteknik* och *data-bastjänster* för att effektivt kunna hantera, ställa frågor till, underhålla och bearbeta sensorhistoriken. Ny databasteknik, såväl som existerande objektorienterad eller objektrelationell COTS/GOTS-teknik, kommer att studeras och prövas för detta. Bland kraven kan nämnas förmåga att besvara inexakta spatiotemporala frågor. Överhuvudtaget kan man konstatera att denna tillämpning utmanar de flesta aktuella områdena inom databasforskningen.

Det *andra tekniska målet* syftar till att undanröja det hinder för underrättelseproduktionen som skapas av ett snabbt växande dataflöde från alltmer kraftfulla sensorer och kommunikationskanaler. Nya (“revolutionerande”) algoritmer kommer att utvecklas som effektivt och noggrant filtrerar fram taktiskt viktiga händelser och företeelser ur det massiva flöde vars källa är den dynamiska sensorhistoriedatabasen. Företeelserna som skall identifieras är bl a terrängattribut, kommunikationslinjer, anläggningar och civila och militära fordon. Vanliga exempel på taktiskt signifikanta händelser på denna nivå är: plötsligt uppdykande av ett militärt fordon eller annan utrustning i en hotande position eller attityd; termisk emission från ett tidigare inaktivt fordon; kollaps av en viktig bro orsakad av en stark flodvåg eller omfattande översvämning; en nybyggd väg eller ledningsbunker; oväntad eller plötslig förekomst av oframkomliga vägvagnsintervall; en luftförsvarsradar som växlar från sök- till följlmod; och onormala målspar från rörliga militära objekt.

På lång sikt är målsättningen att fullständigt automatisera processen att upptäcka signifikanta händelser. Men eftersom existerande metodik inte möjliggör detta och eftersom behovet av återkoppling från användare är stort tidigt i utvecklingsprocessen, förväntas att interaktionsbehovet till en början kan vara betydande. Därför behövs interaktiva verktyg och tekniker för en rad olika ändamål, t ex för visualisering och manipulering av sensorhistoriedata, för att eliminera *bias* (statistiskt beroende information) från sensorer som observerar samma mål, för att associera multi-sensorattribut, karakterisera normalt spatio-temporalt uppträdande hos observerade attribut, för att markera och avmarkera falsklarm, och för att identifiera signifikanta företeelser och händelser.

Algoritmer för multisensor- och attributnivåfusion skall tas fram, som bättre än metoder baserade på information från en enstaka sensor kan upptäcka och karakterisera signifikanta händelser på objektnivå. Resultatet från alla fusionsprocesser bör inkludera taktiskt signifikanta objektidentiteter, tillståndsestimat, osäkerhet i båda dessa parameterklasser samt krav på sensorallokering för att förbättra kvalitet och konfidens hos hypoteser om objekten.

Alla resultat skall användas för att uppdatera objektskiktet i den *dynamiska situationsmodellen* (DSM), se nedan. Relevanta osäkerhetsmått skall åtfölja alla händelsedetektioner, och alternativa hypoteser skall underhållas till dess varje hypotes är bekräftad, motbevisad eller överspelad av senare händelser.

Algoritmutvecklingen fokuseras inledningsvis på SAR, IR, MTI och SIGINT-sensorer i avgränsade sökscenarier. Ytterligare sensorer och operativa scenarier kommer att läggas till efterhand. Ett antal olika data- och attributfusionsarkitekturer kommer att undersökas, från enklare metoder som fusionerar utmatningen från singelsensoralgoritmer för upptäckt av anomalier, till mer komplexa ansatser som fusionerar multisensor-signaler, bilder och attribut tidigt i anomalidetektionsprocessen.

Metoder som bygger på *datadriven händelsedetektion* (“detektion före förklaring”) är fundamentalt känsliga för varierande sensor- och omgivningsfaktorer för vilka de inte tränats, vilket kan resultera i många falsklarm. Programmet stöder därför utveckling av *modelldrivna* metoder (“prediktion före detektion”) som tillförlitligt kan detektera och diskontera förväntade men oväsentliga förändringar på objektnivå genom att prediktera effekten av dessa förändringar på signal-, bild- och attributnivå. Dessa modelldrivna ansatser kan inkludera utveckling och integration av enkel- och multispektrala terrängmodeller, modeller av kommunikationslinjer, anläggningar, fordon och annan utrustning. De omfattar också utveckling av algoritmer för att prediktera observationer, associerings- och poängberäkningsalgoritmer för jämförelse mellan predikterade och reella observationer och effektiva resonemangsstrategier för att välja bästa hypotes från ett kombinatoriskt stort hypotesrum. Modellrepresentationer kommer att värderas efter sin förmåga att kompakt representera multiskalära objektattribut och motsvarande osäkerheter, samtidigt som de skall kunna göra fenomenologiskt giltiga förutsägelser av multisensorobservationer över tid och rum. Alla modeller som används för att identifiera och estimeras stridsfältsobjekt och deras parametrar kommer att integreras i den dynamiska situationsmodellen DSM.

Den *dynamiska situationsmodellen* (DSM) ger en konsistent informationsrepresentation av alla ur sensorsynpunkt relevanta aspekter av stridsfältssituationen. Representationen omfattar både *situationssyntax*, t ex namngivna objekt, och *semantik*, t ex objektattribut, relationer och beteenden. Den omfattar också fenomenologi och sensor-

modeller som kan användas för att prediktera framtoning och utseende hos situationsobjekt och scener över ett stort spann av omgivningstillstånd och observationsvinklar. DSM utgör ett konsistent ramverk för resonemangsmetoder i DDB och inkluderar specificering av osäkerhetsrepresentationer för evidenser samt regler för ackumulering av evidenser till konsistenta situationshypoteser. Innehållet i DSM kommer att organiseras i *nivåer* som kommer att omfatta utvalda sensorrådata, sensormetadata, attribut och probabilistisk attributinformation härledd från sensordata, terrängdata, omgivningstillstånd, objektlokalisering, hypoteser om identitet och tillstånd, hypoteser om egna och fientliga luft-, land- och sjöstyrkor samt "släktträd" (*pedigrees*) för data. Metoder skall utvecklas för att upprätthålla logisk konsistens mellan situationsnivåerna så att konflikt mellan hypoteser beträffande terräng, objekt och styrkor minimeras, och för att erbjuda ett gemensamt ramverk för att ställa samman och integrera situationsinformation från distribuerade källor. När DSM-nivåerna fyllts med innehåll kommer de tillsammans att utgöra ett situationsestimater av det spatio-temporala slagfältet.

Till en början skall forskningen om DSM inriktas på att utveckla *sensor-till-objekt-representationer* som integrerar signaler, bilder, attribut och objekt. Senare skall insatser göras för att kombinera dessa representationer med modeller på styrkenivå som utvecklats inom DARPA-programmet *Dynamic Multi-User Information Fusion (DMIF)* för att uppnå en fullständig situationsmodell av stridsrummet.

Syftet med *det tredje målet* är att ge de egna stridskrafterna förmåga att snabbt och effektivt fördela taktiskt signifikant, dynamisk situationsinformation till ett stort antal distribuerade DDB-noder. DSM behöver därför tillhandahålla en dynamisk, flexibel, hierarkisk representation av stridsrummet som kan tillfredsställa de olika informationsbehov som förväntas uppkomma hos en bred grupp användare från olika vapenslag, specialiteter och beslutsnivåer. När DDB- och DMIF-teknologierna kombinerats, kommer ett gemensamt system att kunna leverera underrättelser som direkt kan ligga till grund för insatser och som är baserade på mycket stora mängder data från många olika sensorer.

Kommentarer till DDB-programmet

Man måste säga att DDB-programmet är mycket ambitiöst. Vi har svårt att tro att DARPA och dess underleverantörer kommer att gå i land med dessa planer på så kort tid som programmet skall pågå, men med tanke på USAs jättelika resurser och dokumenterade förmåga att framgångsrikt slutföra stora projekt vågar vi inte göra någon tvärsäker förutsägelse. Ett metodmässigt problem påpekades av prof James Llinas vid ett seminarium om *distribuerad datafusion* på FOA i oktober 1998: ansatsen att upptäcka förändringar med utgångspunkt från en modell av normala förhållanden är kontroversiell och Llinas tvivlar på att detta är en framkomlig väg för att åstadkomma detektion av intressanta händelser. Å andra sidan är DDB-programmet en fantasiegående vision, som utlovar precis det som DBA-konceptet kommer att behöva, och bara det gör nog att många kreativa forskare lockas att bidra. En risk är förstås att om programmet misslyckas kan det bli svårt att komma igen med nya försök i samma riktning, något som ändå till sist kommer att krävas för att möjliggöra DBA i stor skala.

5. Informationsfusion i den framtida underrättelseprocessen

Situationsanalys och hotanalys är en grund för att med hjälp av datafusion analysera taktiska underrättelser. IPB-processen, avsnitt 3.2, är mycket lik datafusionens situations- och hotanalys tillämpad på underrättelseanalys. Resultatet av denna analys ger beslutsfattaren en uppfattning om nuläget hos motståndaren samt prognostiserar motståndarens framtida handlingar. Det ger också en grund för att styra ytterligare inhämtning av underrättelser. En jämförelse mellan IPB-processen och datafusion görs i avsnitt 5.1.

I avsnitt 5.2 beskriver vi situations- och hotanalysen mer ingående, särskilt den hypotesgenerering av möjliga framtida händelseutvecklingar som görs där. Vi ger också en beskrivning av hur man kan hantera problem rörande datafusion på olika nivåer i en hierarkisk organisation samt diskuterar hur vilseledning kan tänkas upptäckas och hanteras. Slutligen diskuterar vi hur datafusionens analysresultat kan presenteras för beslutsfattaren på ett överskådligt sätt.

I avsnitt 5.3 diskuterar vi sedan problemet med resursallokering av våra egna spaningsresurser. Redan utifrån IPB-processen är det möjligt att göra en resursallokering, men vi diskuterar också hur man kan väga in andra egna styrkor än spaningsstyrkor i analysen samt motståndarens förväntade reaktion på dessa styrkors uppträdande vid resursallokeringen av våra egna spaningsstyrkor. Detta skulle ge oss möjlighet att inte bara reagera på motståndarens tänkta agerande utan att ligga ytterligare ett steg före motståndaren.

I avsnitt 5.4 beskriver vi distribuerat beslutsfattande och resursallokering av egna spaningsresurser. Avslutningsvis diskuterar vi hur beslutsfattaren kan ställa inkrementella underrättelsefrågor (avsnitt 5.5).

Delar av detta kapitel är hämtade från Bråmås, Fransson, Jöred och Schubert [38], där ett antal tekniska idéer rörande datafusion av underrättelsedata beskrivs. Rapporten dokumenterar en förstudie från 1995.

5.1 En jämförelse mellan datafusion och IPB

Inom amerikansk underrättelsetjänst talar man om *Intelligence Preparation of the Battlefield* (IPB), se avsnitt 3.2. IPB är en analytisk process avsedd att ge befälhavare information om motståndarens gångna och nuvarande handlande samt framtida avsikter. Låt oss först jämföra IPB-processen med situationsanalys. Om vi till en början delar upp IPB-processen i två delar enligt figur 3, vilka vi här kallar *threat evaluation* respektive *threat integration*, så motsvarar *threat evaluation* den del av situationsanalysen där en initial situationsbedömning görs, baserad endast på generella beteenderegler och aktuella underrättelserapporter. För att finna korridorer för tänkbar framryckning, andra avgörande terräng områden etc., studeras i denna fas av IPB-processen också geografin, dock utan att någon vidare analys görs här. I datafusionens situationsanalysprocess går man dock vanligen längre genom att också studera motståndarens möjligheter att röra sig i terrängen. Denna analys behandlar bara det som är möjligt rent fysikaliskt utan hänsyn till vad som är troligt baserat på taktik och doktrin.

Figur 3. Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB) enligt Llinas [12].

Om vi därefter jämför IBP-processen med datafusionens hotanalys finner vi att *threat integration* är en kombination av det som inom datafusion kallas för situationsanalys och hotanalys. Inom datafusionens hotanalys utnyttjas kunskap om doktrin och taktik för att förfinas den tidigare situationsanalysen. Medan man inom situationsanalysen redan beräknat hur långt motståndaren kan förflytta sig på en viss tid genom olika korridorer försöker man i hotanalysen identifiera genom vilka korridorer han troligen rycker fram.

Inom *threat integration* analyseras t ex trolig gruppering av motståndarens styrkor med hänsyn tagen till geografin. Detta motsvarar datafusionens situationsanalys. Dessutom identifieras ett antal av de möjliga korridorerna där motståndaren kan förväntas rycka fram, vilket motsvarar datafusionens hotanalys. Sedan går dock IPB-processen längre och fokuserar också på framtida avgörande händelser. Exempelvis identifieras områden utefter dessa korridorer där förekomst eller frånvaro av aktivitet kan bekräfta eller förkasta gjorda prognoser av motståndarens avsikter. Även detta motsvarar datafusionens hotanalys, här dessutom knutet till ett efterföljande beslutsfattande, vilket vanligen anses ligga utanför ramen för datafusion. Slutligen identifieras inom IPB-processen de tillfällen då egen beslutsfattare måste avgöra vilka uppgifter han skall ge de egna styrkorna för att nu möta eller kunna behålla möjligheten att senare möta motståndaren i de olika händelsealternativ som ännu intetler f [kastson. Dett häplanpperiin oct k(e)]TJ T* betr(aeras)-24sinom

multisensordatafusionen initieras. Resultatet av situationsanalysen utgör ett beslutsunderlag för vår beslutsfattare.

Nedan går vi successivt igenom ett antal problemställningar inom situationsanalys och hotanalys:

- hur kan man hantera att osäker information om olika händelser som inkommer från olika källor till en underrättelsestab på hög taktisk nivå kan vara svår att särskilja (avsnitt 5.2.1)?
- hur kan man hantera de inkonsistenser som kan bli följden av att datafusion sker på flera nivåer i en hierarkisk organisation, där information strömmar längs olika vägar (avsnitt 5.2.2)?
- avsnitt 5.2.3 handlar om hur vilseledning [50] kan motverkas med hjälp av datafusion.

Har man klarat av dessa initiala problem så är det dags att göra en analys av det aktuella läget:

- hur hanterar man osäker, ofullständig och motstridande information i situationsanalysen (avsnitt 5.2.4)?
- vi förfinar därefter analysen genom att också ta hänsyn till motståndarens taktik och doktrin. Det görs i hotanalysen som beskrivs i avsnitt 5.2.5.
- därefter diskuteras hypotesgenerering avseende motståndarens möjliga framryckningar, avsnitt 5.2.6.

Slutligen diskuterar vi hur resultatet av datafusionen kan presenteras för beslutsfattaren (avsnitt 5.2.7).

5.2.1 Information angående olika händelser

Problembeskrivning

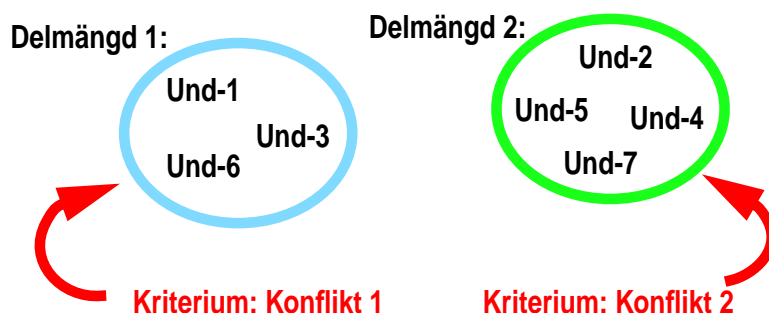
Hur ska osäker, ofullständig och motstridande underrättelseinformation *angående olika händelser* som kommer in sammanblandade från olika källor / sensorsystem initialt hanteras, så att en datafusion av underrättelsematerialet kan ske separat för varje händelse [39], [40]?

Diskussion

När man resonerar om ett problem baserat på osäker information så finns det många situationer när de tillgängliga underrättelserapporterna inte enbart är osäkra utan deras utsagor också är vagt specificerade i betydelsen att det kanske inte är säkert till vilken händelse de hänför sig. Vi kan ha en situation när underrättelserapporter från två händelser som bör lösas som separata delproblem av misstag (eller kanske oundvikligen) har blivit sammanblandade. Det är då av avgörande betydelse att inte av misstag kombinera dessa rapporter i den felaktiga tron att de hänför sig till samma händelse. Denna situation blir hanterbar om evidenserna kan delas upp i delmängder som representerar de olika händelserna. Dessa händelser kan sedan hanteras separat.

Vi har tidigare fastslagit ett kriterium för att separera rapporter som troligen refererar till olika händelser, [39]. Med detta kriterium kan vi dela upp en mängd underrättelse-rapporter i flera delmängder där varje delmängd representerar en separat händelse, figur 4. Kriteriet bygger på den enkla idén att ju mer motstridiga uppgifterna är i två olika underrättelserapporter desto större är sannolikheten att de refererar till olika händelser. Naturligtvis kan också en eller båda rapporterna vara falska eller på annat sätt felaktiga.

Figur 4. Genom att minimera motstridigheten (konflikten) i varje delmängd finner vi den bästa uppdelningen av underrättelserapporter. Varje delmängd motsvarar här en separat händelse.



Med denna metod kan vi finna den mest sannolika händelsen för varje underrättelse rapport. Vi kan också för varje annan händelse beräkna till vilken grad det är möjligt att rapporten trots allt kan höra till någon av de andra händelserna. Detta ger oss en möjlighet att bedöma vilken roll vi ska låta denna rapport spela i det fortsatta resonemanget. En rapport som är osäker inte bara i sina utsagor utan också beträffande vilken händelse den hänför sig till kan nu tonas ner eller helt elimineras från det fortsatta resonemanget. På detta sätt kan vi minimera risken att fatta beslut på ett felaktigt underlag.

Efter det att vi har funnit den bästa uppdelningen av alla rapporter kan vi fortsätta resonemanget med andra metoder och därefter fatta beslut separat inom varje delproblem.

Naturligtvis är det inte alltid möjligt eller lämpligt att dela upp ett underrättelsematerial i delproblem. Detta förutsätter att det verkligen är fråga om separata händelser som inte på något sätt samverkar. När det är lämpligt har vi dock här ett möjligt tillvägagångssätt.

5.2.2 Datafusion på olika nivå i en hierarkisk organisation

Problembeskrivning

En eller flera källor levererar information via olika kanaler / system. Leveranserna påverkas dels genom tidsmässig fördröjning beroende av genom vilka system /sammansättningsnivåer som leveranserna skall passera, och dels struktureras data av olika befattningshavare vilket kan ge olika information då den görs tillgänglig för nästa högre nivå.

Detta skapar en osäkerhet i beslutsunderlaget hos beslutsfattare på hög nivå:

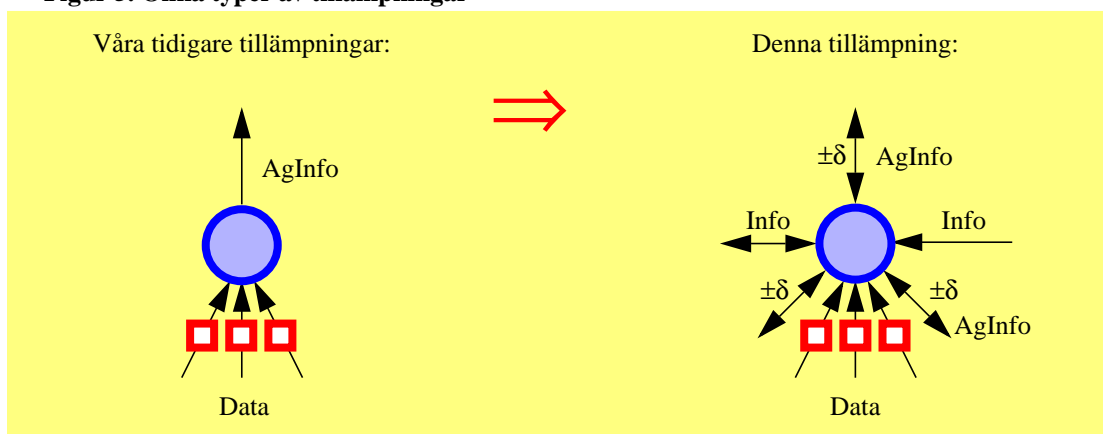
- Är det samma iakttagelse?
- Vad är korrekt respektive förvanskat?

Underrättelsetjänsten behöver kunna genomföra jämförelser mellan källors rådata och olika organisatoriska nivåers sammanställningar och bedömningar.

Diskussion

Denna problemställning kan i jämförelse med sådana underrättelseproblem som vi tidigare studerat (se t.ex. [52]) beskrivas på följande sätt: tidigare har vi betraktat situationer där man tar emot inkommande data, sammanställer dessa och levererar ett beslutsunderlag. Nu får vi studera situationen att underrättelseanalytikern befinner sig i ett nätverk där han mottar data från lägre nivå och aggregerad information både från högre och lägre nivå, samt lämnar vidare aggregerad information till både högre och lägre nivå, figur 5. Här tillkommer ett problem rörande en underrättelserapports utsaga. Underrättelserapporters utsagor på olika nivåer kan ha olika specificitet och dessutom kan utsagor vara störda.

Figur 5. Olika typer av tillämpningar



Metodikerna måste kunna hantera aggregerad information både av typen sammanfattad information (på låg nivå: stridsvagnar i område A + stridsvagnar i område B, på högre nivå: stridsvagnar i område AB) och av typen olika representation på olika nivåer (på låg nivå: stridsvagnar, på högre nivå: stridsvagnskompani). Denna metodik kan ge ett bidrag till svaret på frågan: *är det samma iakttagelse?*

För att behandla problemet med störd information får vi finna kompletterande metodik. En utgångspunkt är att söka ett lämpligt mått på skillnaden mellan utsagor i underrättelserapporter. Skillnaden i ett sådant mått torde vara mindre för en störd utsaga på hög nivå och dess original på lägre nivå än mellan två slumpvisa utsagor. Om måttet för skillnaden mellan utsagorna då ligger under ett visst tröskelvärde kan det vara frågan om en störd utsaga. Detta kan då ge ett bidrag till svaret på frågan: *vad är korrekt respektive förvanskat?*

Ett annat viktigt problem är ställande av underrättelsefråga och den påverkan av tolkningen som detta ger ("man hittar där man letar"). Ställande av underrättelsefråga är en typ av styrning av underrättelseprocessen. Sådan styrning kan vara av åtminstone tre typer:

1. styrning av *fokus*,
2. styrning av *handlande*, och
3. styrning av *inferens*.

Styrning av *fokus* bestämmer vilket delproblem vi nu söker lösning till. Styrning av *handlande* bestämmer när vi ska sluta insamla uppgifter och gå till beslut. Styrning av *inferens* bestämmer vilka metoder vi ska använda för att lösa problemet. Vissa metoder kan vara mycket noggranna men långsamma, andra kan vara snabba men med lägre noggrannhet.

Hur dessa aspekter av ställandet av underrättelsefråga påverkas vid förändring av specificitet och störning när underrättelsefråga ställs till en annan nivå kan också vara av intresse.

5.2.3 Taktisk militär vilseledning

Problembeskrivning

Kan man med hjälp av datafusionsmetoder upptäcka taktisk militär vilseledning? En vilseledare vill förmå oss att sluta oss till:

- att vilseledaren är någon annanstans,
- att vilseledarens vapen och trupper är annorlunda än de egentligen är,
- att vilseledaren avser göra någonting annat än han egentligen kommer att göra,
- att vilseledaren avser göra det vid någon annan tid,
- att vilseledaren avser göra det på något annat sätt,
- att våra kunskaper om vilseledaren är större eller mindre än vad de faktiskt är,
- att våra operationer är antingen mer eller mindre framgångsrika än vad de faktiskt är.

Vi vill ha svar på frågorna:

- är vi utsatta för vilseledning?
- vem (exakt) vilseleder oss?
- varför är vi utsatt för vilseledning?
- vilka händelseutvecklingar är möjliga?

Vilseledaren uppnår detta genom att förse oss med information som är trovärdig i sig själv och som samtidigt överensstämmer med en händelseutveckling som vi finner rimlig.

Diskussion

Att motverka vilseledning kan beskrivas som en tvåstegsprocess. Först måste man identifiera målen för vilseledningen. Det andra steget är att identifiera hur vilseledning mot dessa mål kan kännas igen.

Att upptäcka vilseledning består i hög grad på att *upptäcka inkonsekvens i underrättelseinformation*. På lägre nivå kan man söka efter inkonsekvens i sensorinformationen. Om man har tillgång till sensorer av olika typ kan man undersöka om information saknas från en viss typ av sensor.

1. På underrättelsenivå kan vilseledning upptäckas genom att jämföra aktuell underrättelseinformation med vilseledarens *förmåga* och *valmöjligheter*.
2. När relationen mellan aktuella indikationer (med uppgift om tid och rum) och tänkbara händelseutvecklingar har fastställts så kan *avvikelser från hypoteserna* hjälpa underrättelseanalytikern att upptäcka vilseledning. Här är det också möjligt att frånvaron av viss information, som borde ha funnits för att bilden skulle vara konsekvent, kan fungera som en varningsklocka. Avsaknad av information kan bero på att:
 - aktivitet finns men är dold,
 - aktivitet saknas och andra aktiviteter är iscensatta,
 - aktivitet saknas och andra aktiviteter är del av en händelseutveckling för vilken vi saknar hypotes.

Om information saknas kan informationsinhämtningen styras för att finna eventuell dold aktivitet. Om aktivitet trots detta inte upptäcks så måste både inhämtningsprocessen och analysen omstyras.
3. Även utan att göra en situations- och hotanalys kan det vara möjligt att finna inkonsekvens i underrättelseinformationen: vi kan undersöka om olika underrättelserapporter är motstridiga. Om så är fallet, så har antingen:
 - 3a. våra egna källor rapporterar fel,
 - 3b. vi sammanblandat information som rör olika saker, eller
 - 3c. vi fått in falsk/vilseledande information i systemet.

Motstridiga rapporter är således en varningsklocka. Om det är möjligt att skilja på de tre fallen återstår att se.
4. Slutligen borde det gå att utveckla metodik som bygger på generell kunskap om hur analysresultatet från två olika analyser vid två olika tider rimligen kan förändras. En förändring mellan två olika tidpunkter som inte är konsistent med denna kunskap vore en varningsklocka.

5.2.4 Analys med osäker, ofullständig och motstridande underrättelseinformation

Att kunna representera, hantera och slå samman osäker, ofullständig och motstridande information från olika källor är grundförutsättningen för datafusion. Därtill vill vi också kunna fatta beslut baserat på sådan information. Under hela resonemanget vill vi också kunna avgöra hur mycket information som stöder respektive motsäger varje godtyckligt vald utsaga.

För att visa på betydelsen av att kunna hantera osäker information inom situationsanalysen ger vi nedan ett enkelt exempel från telekrig där vi försöker tolka status hos ett fientligt *Surface-to-Air* (SAM) batteri genom en serie successivt inkommande rapporter (här dock bara två stycken). Avslutningsvis diskuterar vi, som en jämförelse, hur problemet hade kunna hanteras utan datafusion.

Rapporterna i nedanstående exempel är osäkra på två olika sätt. Dels kan varje rapport innehålla flera olika utsagor. Dessa kan vara kompletterande, t.ex. "SAM av typ Y" och "SAM av typ Y i *Target Track Mode* (TTR)," eller också kan de vara motstridiga, t.ex. "SAM av typ Y" och "SAM av typ X". Eftersom varje rapport kan innehålla flera olika

utsagor så kan dessa inte vara helt säkra. Rapporterna anger därför vilket *direkt stöd* de ger till varje utsaga, t.ex. “SAM av typ Y” 30% och “SAM av typ Y i TTR” 40%. Detta är det *direkta stöd* som en rapport ger till sina två utsagor.

Baserat på en eller flera sådana rapporter kan vi dra en slutsats. Vi vill då finna det *totala stödet* för varje utsaga. Det *totala stödet* finner vi genom att summera de *direkta stöden* för denna och mer precisa utsagor. I ovanstående exempel får vi ett totalt stöd för utsagan “SAM av typ Y” om 70% (de 30% som var ett *direkt stöd* för utsagan + de 40% som utgör ett indirekt stöd genom att stödja en mer precis utsaga; “SAM av typ Y i TTR”) och för “SAM av typ Y i TTR” erhåller vi ett *totalt stöd* om 40% (de 40% som var ett *direkt stöd* till denna utsaga).

Utöver det totala stödet kan vi också finna hur möjlig (rimlig, plausibel) en utsaga är. Här är möjligheten alltid större (eller lika med) det totala stödet. Möjligheten är summan av allt som *inte* talar emot utsagan. I ovanstående exempel fanns det dock inget som talade emot någon av utsagorna; Varken “SAM Y” eller “SAM Y i TTR” motsäger den andra. (Det hade däremot en utsaga “SAM X” gjort). Möjligheten blir därför 100% i båda fallen.

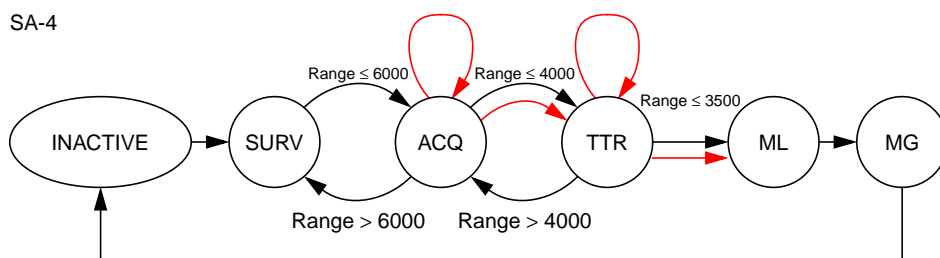
I slutsatsen kan nu de två utsagorna representeras med ett intervall av det totala stöd de erhållit och den möjlighet som finns; “SAM-Y” [70%, 100%] och “SAM-Y TTR” [40%, 100%].

Vad gäller för utsagan “SAM-X”?

Det finns inget direkt stöd för denna utsaga eller någon mer precis utsaga varför det totala stödet för “SAM-X” är 0%. Det som motsäger “SAM-X” är de direkta stöden för “SAM-Y” om 30% och “SAM-Y TTR” om 40%. Möjligheten för utsagan “SAM-X” är därför $100\% - 30\% - 40\% = 30\%$. I slutsatsen representeras utsagan “SAM-X” med intervallet [0%, 30%].

Låt oss nu gå vidare med vårt exempel från telekrig. Antag att vi har flera tillstånd (här kommer vi att förenkla till tre tillstånd: *Acquisition Mode* (ACQ), *Target Track Mode* (TTR) och *Missile Launch* (ML), figur 6.

Figur 6. Tillstånd och övergångar hos en SAM.



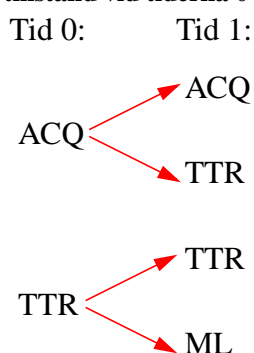
Låt oss studera en första inkommande rapport (se nedan). Rapporten innehåller fyra kompletterande utsagor: först att vi ser en *Surface-to-Air* missil av typ Y (SAM-Y) utan vidare kännedom om dess tillstånd. Denna utsaga har ett *direkt stöd* om 30%. Därtill en utsaga om att denna SAM-Y befinner sig i *Target Track Mode* (TTR), med 40% stöd, samt att den är i *Acquisition Mode* (ACQ), med 20% stöd. Slutligen är rapporten till 10% osäker. Baserat på denna rapport kan vi dra följande slutsatser: Vi ser en SAM-Y ty det *totala stödet* för detta är hela 90% och det är dessutom fullt möjligt intill

100%, ty ingenting talar emot. Denna missil har också en viss trolighet för att befinna sig i TTR, 40%, även om det också är möjligt att den är i ACQ, intill 60%.

Rapport Nr 1 - Tid 0:	Slutsats:
SAM-Y 0.3	SAM-Y = [0.9, 1.0]
SAM-Y.TTR 0.4	SAM-Y.TTR = [0.4, 0.8]
SAM-Y.ACQ 0.2	SAM-Y.ACQ = [0.2, 0.6]
Ingenting 0.1	

Vid tiden 1 är läget avseende missilens tillstånd mycket mer osäkert. En utsaga om att missilen befann sig i ACQ har nu övergått till en utsaga om att den är i ACQ eller TTR, figur 7.

Figur 7. Övergångar mellan olika tillstånd vid tiderna 0 och 1.



Det förändrar utsagorna i vår rapport enligt följande, även om det *direkta stödet* för de olika utsagorna är oförändrat:

Rapport Nr 1 - Tid 1:	Slutsats:
SAM-Y 0.3	SAM-Y [0.9, 1.0]
SAM-Y.TTR eller SAM-Y.ML 0.4	SAM-Y.TTR [0.0, 1.0]
SAM-Y.ACQ eller SAM-Y.TTR 0.2	SAM-Y.ACQ [0.0, 0.6]
Ingenting 0.1	

Våra slutsatser avseende missilens tillstånd är nu mycket vagare. Den direkta troligheten är nu 0% för både TTR och ACQ men dessa tillstånd är möjliga intill 100% resp. 60% eftersom det finns 40% som talar emot slutsatsen ACQ i rapportens andra utsaga.

Antag nu att vi får in en ny rapport vid samma tid:

Rapport Nr 2-Tid 1:	Slutsats:
SAM-Y 0.2	SAM-Y = [0.6, 0.8]
SAM-Y.TTR 0.4	SAM-Y.TTR = [0.4, 0.8]
SAM-X 0.2	SAM-X = [0.2, 0.4]
Ingenting 0.2	

Baserat på denna rapport kan vi nu dra något bättre slutsatser om vilket tillstånd missilen befinner sig i, men denna rapport är som syns inte helt säker på att vi ens har en missil av typ Y.

För att komma vidare i vår analys fusionerar vi nu de två rapporterna. Det gör genom en "ortogonal kombination" (\oplus), dvs vi kombinerar varje utsaga i den första rapporten med alla utsagorna i den andra rapporten, figur 8. Denna kombination blir därefter en ny utsaga i den fusionerade rapport som uppkommer. I några fall är en sådan kombination inte möjlig. Ett sådant fall kallar vi en *konflikt*. Det *direkta stödet* för en ny utsaga blir produkten av de *direkta stöden* för de två kombinerade utsagorna. Slutligen summeras de direkta stöden för alla identiska utsagor (i alla rutor i figur 7) för alla identiska utsagor. Vi sätter det direkta stödet för konflikt till noll, trots att det nyss har fått ett annat värde, och normerar de övriga.

Figur 8. Datafusion ("ortogonal kombination") av två rapporter vid samma tid.
 Rapport Nr 1 - Tid 1:

\oplus	SAM-Y	SAM-Y.TTR	SAM-X	Ingenting
Rapport Nr 2 - Tid 1:				
SAM-Y	SAM-Y	SAM-Y.TTR	Konflikt	SAM-Y
SAM-Y.TTR eller SAM-Y.ML	SAM-Y.TTR eller SAM-Y.ML	SAM-Y.TTR	Konflikt	SAM-Y.TTR eller SAM-Y.ML
SAM-Y.ACQ eller SAM-Y.TTR	SAM-Y.ACQ eller SAM-Y.TTR	SAM-Y.TTR	Konflikt	SAM-Y.ACQ eller SAM-Y.TTR
Ingenting	SAM-Y	SAM-Y.TTR	SAM-X	Ingenting

Efter kombination ser våra två fusionerade rapporter ut så här:

Rapport Nr "1 \oplus 2" - Tid 1:	Slutsats:	
SAM-Y	0.17	SAM-Y = [0.96, 0.98]
SAM-Y.TTR	0.49	SAM-Y.TTR = [0.49, 0.98]
SAM-Y.TTR eller SAM-Y.ML	0.20	SAM-Y.ML = [0.0, 0.39]
SAM-Y.ACQ eller SAM-Y.TTR	0.10	SAM-Y.ACQ = [0.0, 0.29]
SAM-X	0.02	SAM-X = [0.02, 0.04]
Ingenting	0.02	

De slutsatser vi nu kan dra är också mycket mer precisa när vi baserar vårt beslutsfattande på hela rapport materialet. Vi ser nu tydligt i slutsatsen ovan att vi har en *Surface-to-Air* missil av typ Y (SAM-Y) som troligen är i *Target Track Mode* (SAM-Y.TTR).

Antag nu, som en jämförelse, att vi inte har någon möjlighet att representera osäker information. Våra rapporter kan då endast innehålla en utsaga per rapport som vi dessutom måste betrakta som helt sann. En sådan utsaga skulle visserligen kunna vara villkorad enligt modellen "SAM-Y.ACQ eller SAM-Y.TTR" men tappar då ytterligare i precision.

Den underliggande sensor som levererar en rapport måste nu använda något slags tröskelvärde för att avgöra om den ska lämna en utsaga. Den kan inte längre lämna en utsaga med ett procentuellt *direkt stöd*. Om sensorn finner “ett totalt stöd” som ligger under tröskelvärdet så lämnas ingen utsaga, medan om det totala stödet ligger över tröskelvärdet så kan en utsaga lämnas. Om flera utsagor är möjliga lämnas den mest specifika utsagan vars “totala stöd” överstiger tröskelvärdet.

Om vi sätter ett tröskelvärde på 50% skulle vår ursprungliga Rapport 1 vid tiden 0 endas kunna ha utsagan SAM-Y. Detsamma gäller för denna utsaga vid tiden 1 och för Rapport 2 vid tiden 1. Den enda slutsatsen vi kan dra här är att vi ser en *Surface-to-Air* missil av typ Y utan någon information om dess tillstånd.

Om tröskelvärdet sätts lägre än 50% skulle vi kunna dra mer specifika slutsatser, men då ökar också risken för att fatta felaktiga beslut. Sätts tröskelvärdet till endast 40% kan Rapport 1 vid tiden 0 lämna den mer specifika utsagan SAM-Y.TTR. Vid tiden 1 är rapportens utsaga förändrad till “SAM-Y.TTR eller SAM-Y.ML”. Rapport 2 vid tiden 1 kan lämna utsagan SAM-Y.TTR. Baserat på dessa kan vi då visserligen dra slutsatsen att vi ser en *Surface-to-Air* missil av typ Y som befinner sig *Target Track Mode*, men vi har ingen uppgift om vilket stöd denna utsaga har och vi vet inget om möjligheten för andra tillstånd hos missilen.

Uppenbarligen är det mycket fördelaktigt att representera osäker information och därmed slippa använda tröskelvärden hos sensorerna. Anledningen till detta är att vi slipper låta sensorn fatta beslut, med utnyttjande av tröskelvärden, om exakt vad den har sett baserat på en enskild observation. Istället kan vi låta sensorerna redovisa den osäkerhet som faktiskt finns och lämna all slutsatsdragning till en beslutsfattare som har tillgång till alla rapporterna. Dessa rapporter kan slås samman genom datafusion (här “ortogonal kombination”) så att osäkra utsagor får möjlighet att stödja varandra samtidigt som eventuellt motstridiga utsagor tas om hand. Beslutsfattaren kan nu dra sina egna slutsatser baserat på hela det fusionerade materialet.

5.2.5 Hotanalys

Problembeskrivning

Låt oss anta att en situationsanalys redan är gjord, att vi vet var egna styrkor finns, samt att vi har ett tillgängligt hotbibliotek som beskriver taktik och doktrin. Utifrån detta material vill vi beräkna *motståndarens avsikter* och *våra egna svagheter* givet den aktuella situationen.

Diskussion

Vi exemplifierar hotanalysen med en utvidgad diskussion av framryckning genom korridorer, analyserad i den tidigare situationsanalysen.

Först kan vi förfina situationsanalysen genom att ta hänsyn till taktik och doktrin. Vi kan jämföra aktuellt underrättelsematerial med ett hotbibliotek där motståndarens organisation finns beskriven. Det ger oss möjlighet att identifiera vilken typ av motståndare det är frågan om genom att matcha materialet mot hotbibliotekets mallar. Denna information kommer senare också till nytta vid styrning av sensorer, då man nu har anledning att titta noggrannare efter fientliga enheter i vissa områden som har utpekats

genom datafusionen av underrättelsematerialet och de hotmallar som valdes ut vid ovannämnda matchning.

Vi kan därefter fortsätta analysen genom att kombinera resultatet från en hotanalys som nu kommer att fokusera på *troliga* korridorer för en framryckning genom att kombinera hotanalysen med en redan tidigare gjord situationsanalys som fokuserade på motståndarens nuvarande position och *möjligheter* att rycka fram genom korridorer (*möjlighet* + hotanalys ger *trolighet*). Därigenom kan vi beräkna när denna framryckning tidigast kan ske, och vid vilken tidpunkt vissa kritiska punkter i terrängen troligen kommer att passeras.

Andra uppgifter att väga in i analysen är våra egna styrkors möjligheter (*styrka och svagheter hos egna enheter*) att agera gentemot motståndare. Vi kan genom hotbiblioteken finna våra enheters slagkraft gentemot motståndaren i olika situationer och lägen. Det bör fungera som en hjälp att tillsammans med analysen över motståndarens troligaste framryckning avgöra var i terrängen, av flera olika alternativ, motståndaren bör mötas och med vilka enheter vi bör möta honom. Analysen bör ge ett underlag till den egna beslutsfattaren så att han ges ett gott underlag för att välja rätt antal och slag av egna enheter att möta motståndaren med, utan att han för den skull försvagar läget i andra kritiska områden. Han bör också tillställas en analys över alternativa fördelaktiga områden att möta motståndaren i samt vilka av dessa som är mest fördelaktiga givet den aktuella situationen.

5.2.6 Hypotesgenerering

Problembeskrivning

Givet en genomförd situations- och hotanalys är problemet nu avgränsat. Förhoppningsvis är underrättelseinformationen av sådan kvalitet att vi efter fusion av densamma vet relativt väl var motståndaren befinner sig. Genom situationsanalysen fick vi också veta var motståndaren har *möjlighet* att rycka fram genom olika korridorer. Genom hotanalysen identifierades ett antal av dessa korridorer som *troliga*. Men vilken av dessa är mest trolig, och hur troliga är de andra alternativen?

Diskussion

Med ovanstående problembeskrivning och resonemanget i avsnitt 5.2.5 står det klart att vi nu har alla delar för att kunna generera hypoteser om motståndarens situation, möjligheter och troliga agerande. Vi kan generera en eller flera hypoteser om motståndarens utbredning även när vi inte ser helheten, genom att utnyttja kunskap om motståndarens doktriner och taktik. Vi kan också generera en eller flera hypoteser om vilka korridorer motståndaren kan rycka fram igenom. Om vi beräknar den troliga förflyttningshastigheten i olika terrängavsnitt, kan vi finna en trolig tid när han kan passera vissa intressanta punkter utefter dessa korridorer. Vad som återstår är att värdera dessa olika hypoteser, samt att finna de avgörande punkterna hos flera snarlika hypoteser som ger oss möjlighet att bekräfta, förkasta eller på annat sätt differentiera mellan olika hypoteser och handlingsalternativ hos motståndaren.

Värderingen av hypoteser har två syften, dels att ge underlag för att bedöma vilket eller vilka alternativ vi ska möta med egna styrkor, dels att bestämma till vilka alternativ (om det finns alltför många) vi ska allokeras spaningsresurser. Syftet med att finna

avgörande punkter mellan olika hypoteser är att finna tidpunkter och platser i geografin där det är lämpligt att allokera spaningsresurser som kan ge oss en avgörande kunskap om vilket av motståndarens handlingsalternativ som håller på att genomföras. Se vidare avsnitt 5.3 om resursallokering.

De hypoteser som genereras är alla fysikaliskt möjliga, med hänsyn tagen till alla kända och relevanta fakta, som t.ex. storleken på motståndarens styrka och kapaciteten för framryckning genom olika korridorer. Värderingen av hypoteser ska därför nu besvara frågan om hur troliga de är. Detta kan ske på minst två sätt. För det första, genom att värdera dem efter hur väl de uppfyller något överordnat kriterium. Vi måste ha, eller genom hotanalysen ha skaffat oss, en uppfattning av vad motståndarens målsättning i det stora perspektivet är, t.ex. vilken huvudriktning han har på framryckningen, eller andra mer specifika mål. Då kan vi också värdera hur väl respektive hypotes uppfyller detta mål. Här kan vi ha en mängd olika faktorer att ta hänsyn till. Det kan vara hur snabbt målet kan uppfyllas, vilka risker motståndaren tvingas ta för att uppfylla målet (risken för misslyckande av olika slag), samt till vilken kostnad han kan uppfylla målet (t.ex. hans förmodade förluster, eller andra kostnader), etc. För det andra bör vi kunna värdera en hypotes rent kvalitativt utan jämförelse med något mål. Om en hypotes kräver ett mindre logiskt beteende, t.ex. att motståndare enligt hypotesen genomför sin framryckning på ett icke kostnadseffektivt sätt, är detta skäl nog att misstro hypotesen. Det kan finnas en stor mängd sådana villkor för hur ett normalt beteende ser ut. Dessa får alla här formen av bivillkor för vad som är lämpligt utformade hypoteser.

Alla dessa delar, faktorer som jämförs med målsättning samt generella villkor för beteende, kan var och en värderas, för att sedan slå samman på något sätt till en total värdering av respektive hypotes. Därmed har vi skaffat oss ett underlag för att fatta beslut om egna styrkors mötande av motståndaren, såväl som om den egna resursallokering som syftar till att skaffa ett ännu bättre beslutsunderlag.

Allteftersom vi erhåller mer information genom egna sensorer (sensorer som placerats ut på ett effektivt sätt enligt resonemangen i avsnitt 5.3) kan vi uppdatera värderingen av våra hypoteser om motståndarens framtida agerande. Om denna nya information inte strider mot tidigare erhållen information, så ser vi nu vanligen en fokusering av informationen som leder till att en eller ett par hypoteser får en högre total värdering, samtidigt som övriga hypoteser får sjunkande värden för att eventuellt helt kunna avföras från vidare analys. Detta bör ge oss en allt bättre bild av vad motståndaren håller på att genomföra allteftersom vi erhåller mer information.

Om motståndaren plötsligt gör något helt oväntat så leder detta till ny och motstridande information, vilket i sin tur medför att värderingen för de mest sannolika hypoteserna sjunker och att vi samtidigt får flera möjliga hypoteser att ta hänsyn till. Situationen fortsätter att vara osäker tills vi erhåller mer information (genom nya allokeringar av spaningsresurser) som bekräftar något alternativ, vilket återigen leder till att informationen fokuseras och vi på nytt erhåller ett förbättrat beslutsunderlag.

Genom att resonera på detta sätt kring flera olika alternativa hypoteser för motståndarens framtida agerande, erhåller vår egen beslutsfattare en realistisk uppfattning om den faktiska osäkerheten i aktuell situation och i det tillgängliga underrättelsematerialet. Han får därmed möjlighet att fatta sådana beslut som vidmakthåller en hög flexibilitet när så är nödvändigt.

5.2.7 Analys och presentation av händelser (exemplet TAS)

Problembeskrivning

Integrerad situationsbedömning är en kunskapsintensiv process som består i att övervaka iakttagbara händelser i syfte att finna indikationer på särskilda aktiviteter eller avvikelser från förväntade mönster. Uppgiften är att hålla beslutsfattare informerade om läget och prediktera framtida aktiviteter. Resultatet och kvalitén på situationsbedömningen är i hög grad beroende av den enskilde analytikerns kunskap och erfarenhet.

Diskussion

Uppgiftens karaktär gör problemområdet lämpat för stöd i form av kunskapsbaserade tekniker. I [41] beskrivs ett kunskapsbaserat system för situationsbedömning baserat på analys av temporala samband mellan händelser. Nedan följer en översiktlig beskrivning av detta system.

TAS (*Timeline Analysis System*) är namnet på en samling beslutsstödsverktyg för lagring, hantering och presentation av underrättelsesdata, särskilt händelser (kommunikation, förflyttningar, etc.). Systemet är utvecklat av *GTE Laboratories Inc.* för *Rome Laboratory* (U.S. Air Force).

Syftet med systemet är att stödja underrättelseanalysen genom att möjliggöra för användaren att visa och manipulera inrapporterade händelser på olika sätt.

Till TAS har fogats en modul baserad på expertsystemteknik som syftar till att delvis automatisera även analysprocessen, i syfte att identifiera möjliga pågående förlopp och prediktera förestående händelser. Målet har varit att ytterligare underlätta analytikerns arbete, inte genom att helt låta systemet ta över analysen, utan snarare genom att låta systemet fungera som en "intelligent assistent" till analytikern. I och med att erfarna analytikers kunskap dokumenteras i modellerna kan man också få en bättre kontinuitet i arbetet, vilket minskar de problem som uppstår då erfarna analytiker slutar.

Med hjälp av ett modelleringsverktyg specificeras modeller av händelseförlopp (*Temporal Transition Models*) som innehåller tillstånd (motsvarande händelser) och övergångar mellan tillstånd ("transitions").

Expertsystemdelen (*Knowledge-based Prediction Analysis and Situation Assessment*) fungerar som ett datadrivet expertsystem. Som indata ges en samling händelser som valts från TAS tidsdiagram och en eller flera modeller från en modelldatabas. Jämförelsen utgår från modellernas första tillstånd, och systemet letar reda på de händelser som matchar detta. Då matchningen lyckas fortsätter processen med följande övergångar och tillstånd. Resultatet är en beskrivning av de mest sannolika aktiviteterna, tillsammans med förklaringar av systemets slutsatser, uttryckta med hjälp av grafik och naturligt språk. Man kan i detta läge också få en prediktion om förestående händelser baserad på aktuella slutsatser.

En förklaringsmekanism är en viktig del i systemet, eftersom det är känt att man som användare tenderar att misstro automatiska system om man inte får en förklaring av hur systemet kommit fram till sina slutsatser. Förklaringen består dels av en grafisk

beskrivning av modellen, där matchade händelser markerats, och en förklarande text genererad med en relativt enkel generator för naturligt språk.

En prediktionskomponent aktiveras genom att användaren väljer en föreslagen trolig aktivitet och en tidsram. Utifrån detta ger systemet en förutsägelse baserad på de tillstånd hos modellen som ännu inte uppfyllts, med ungefärlig tidsangivelse. Prediktionen visas grafiskt i form av tidsdiagram.

Hela systemet är utvecklat med tanke på att vara flexibelt och lätt anpassningsbart till olika applikationer. Systemet har bl a testats på en tillämpning som gäller övervakning av en flygbas.

5.3 Resursallokering

Uppgiften att styra och utnyttja egna resurser med hänsyn till situation och hot är ett centralt taktiskt problem. Problemet har alltid försvårats av bristen på säker information om läget. Tillgänglig information är ofta osäker och svår att kvantifiera i numeriska termer. Genom den informationstekniska utvecklingen med nya spaningsmetoder, sensorer och datorer som förstärkare av underrättelsefunktionen öppnas möjligheter till en objektiv behandling av informationen.

I den mån olika handlingsalternativ kan kvantifieras och åsättas en kostnads- eller effektivitetspoäng kan man maskinellt bestämma ett optimalt val i absolut eller åtminstone *heuristisk* mening.

I avsnitt 5.3.1 beskriver vi hur styrning av spaningskapacitet kan utnyttjas för att komplettera känd men partiell kunskap om motståndarens styrka. Vi ger därefter en översikt över hur spaningsresurserna kan positioneras med hänsyn till motståndarens tänkta agerande (avsnitt 5.3.2).

I avsnitt 5.3.3 väger vi även in andra egna styrkor och motståndarens förväntade reaktion på deras agerande när vi gör en allokering av de egna spaningsresurserna.

5.3.1 Optimal allokering av spaningsresurser givet en fix situation

Utgående från situations- och hotanalys kan man göra en allokering av spaningsresurser. Om vi jämför den partiella underrättelseinformation vi har med kunskap om motståndarens doktriner och taktik kan vi få en uppfattning om vilka fientliga styrkor som troligen finns oupptäckta i angränsande terrängområden. Detta ger oss vissa intressanta områden att undersöka, där ytterligare enheter av motståndarens styrkor kan befinna sig. Om flera olika hypoteser finns om motståndarens natur så tar vi fram sådana intressanta områden för varje hypotes, och fokuserar sedan våra spaningsresurser på de områden som kan differentiera mellan olika alternativ för vilken motståndare vi har emot oss.

- Genom att koncentrera spaningsresurserna på dessa områden finner vi vilken motståndare vi möter.

5.3.2 Effektiv *reaktiv* allokering av spaningsresurser i dynamisk situation mht motståndarens styrkor

En jämförelse av alla intressanta områden där oupptäckta delar av motståndarens styrkor kan befinna sig inklusive de områden där vi säkert vet att motståndarens styrkor finns, med möjliga korridorer för framryckning i geografin, ger prioritet åt några nya mindre områden utefter korridorerna att avspana. Genom att därefter beräkna förflyttningshastigheten för motståndaren i olika terrängavsnitt, kan vi finna en trolig tid när han kan passera vissa avgörande punkter utefter dessa korridorer. Utöver det tilltänkta uppehållsområdet för de delar av motståndaren styrka vi ännu inte upptäckt (avsnitt 5.3.1), kan vi här finna ytterligare intressanta områden att avspana. Dessa bör avspanas för att kunna bekräfta eller förkasta olika hypoteser om motståndarens avsikter. Högst prioritet bland dessa nya områden utefter korridorerna får de som relaterar till vår egen beslutsfattares beslutstillfällen. Dessa beslutstillfällen är tidpunkter då beslutsfattaren måste avgöra vilka uppgifter han ska ge de egna styrkorna för att dessa antingen nu ska kunna möta motståndaren, eller alternativt behålla möjligheten att senare kunna möta motståndaren i de olika handlingsalternativ vi tror att motståndaren fortfarande har.

- Genom att koncentrera spaningsresurserna på dessa nya områden ökar vi möjligheterna att upptäcka motståndarens avsikter.

5.3.3 Effektiv *aktiv* allokering av spaningsresurser i dynamisk situation mht egna och motståndarens styrkor

Vi kan nu väga in även egna styrkors insatser och hur motståndaren förväntas reagera på deras agerande när vi gör en allokering av de egna spaningsresurserna. Om vi vet att egna styrkor avser möta motståndaren i ett motanfall i ett visst läge utefter en av de korridorer där vi nu vet att motståndaren rycker fram kan vi också beräkna motståndarens reaktion på mötet. En allokering av spaningsresurser omkring detta område är ett första steg för att verifiera våra initiala antaganden om motanfallets verkan. Vi kan också gå vidare och studera eventuellt existerande alternativa korridorer för framryckning utgående från aktuellt område. På samma sätt som i föregående steg kan vi nu aktivt placera ut spaningsresurser i områden utefter dessa alternativa korridorer för att bekräfta eller förkasta våra hypoteser om hur motståndaren kommer att reagera på mötet med våra styrkor. Genom att agera på detta sätt kan vi i förväg utnyttja vår unika kunskap om var våra egna styrkor väljer att möta motståndaren och därmed få spaningsresurser till rätt plats i tid för att mycket snabbare än normalt få reda på motståndarens reaktion på motanfallet och hans reviderade plan efter mötet med våra styrkor.

- Genom att utnyttja vår kunskap om var våra egna styrkor väljer att möta motståndaren och i förväg ta hänsyn till de olika alternativ motståndaren då har att anpassa sig till det ny läget, kan vi snabbt finna motståndarens reviderade plan.

5.4 Distribuerat beslutsfattande och resursallokering

Låt oss göra två antaganden. Antag att framtidens ledningssystem kommer att ha en nätverksbaserad systemarkitektur [30]. Antag vidare att de flesta beslut fattas distribuerat och lokalt, vanligen utan någon central kontroll.

En viktig frågeställning är då:

- Hur kan man hushålla med gemensamma spaningsresurser när olika beslutsfattare samtidigt beställer spaningsuppdrag för att lösa sina egna lokala uppgifter och därmed också överbelastar de tillgängliga spaningsresurserna?

5.4.1 Distribuerat beslutsfattande och distribuerad resursallokering

När man inför distribuerat beslutsfattande och samtidigt bestämmer att tillgängliga spaningsresurser inte delas upp på respektive lokal beslutsfattare, utan att en större mängd olika spaningsresurser tillställs flera beslutsfattare samtidigt, är det av största vikt att kunna skapa en effektiv *inhämtningsplan*. Det kan vara intressant att studera om det finns andra möjligheter att allokera spaningsresurser än genom central planläggning.

För att åstadkomma det krävs en matchning av lokala beslutsfattares anspråk på spaningsresurser. Om beslutsfattarna kan göra dessa avvägningar lokalt genom att väga den nytta spaningsresurserna förväntas ge gentemot "kostnaden" för spaningsresurserna kommer alla preferenser hos de lokala beslutsfattarna med i analysen, vilket omöjligt hade kunnat ske vid en central planläggning.

5.4.2 Distribuerat beslutsfattande och centraliserad resursallokering

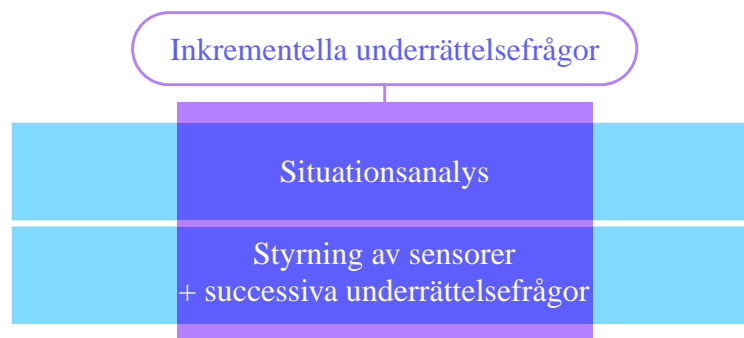
En helt motsatt idé till den i föregående avsnitt är att göra resursallokering genom planering men att försöka driva denna till sin yttersta förfining. Det kan möjligen fungera i den riktigt lilla skalan, om där finns ett mått av repetition i de händelser som kan uppstå. En sådan allokering av spaningsresurser kan ske genom maskinell inlärning. Det avgörande här är att ha en god värdering av olika alternativa allokeringar. Denna värdering måste också kunna göras maskinellt. Dock bör man betänka att metoden saknar mycket av den flexibilitet som finns i den föregående modellen (avsnitt 5.4.1). Metoden har prövats på simulerade data i fallet med allokering av marina spaningsresurser i samband med ubåtsjakt [36]. Allokeringen gjordes i denna test enbart baserat på en jämförelse mellan en inkommande sekvens av underrättelserapporter och de stora mängder förhandslagrade historiska sekvenser som finns från tidigare år. Efter en jämförelse mellan en aktuell sekvens och de historiska sekvenserna, kan de delar av de historiska sekvenserna som följer "i tiden" efter de matchade delsekvenserna användas som en prognos över motståndarens framtida rörelse och därmed också fungera som underlag till en resursallokering av de marina enheterna.

5.5 Inkrementella underrättelsefrågor

- Hur kan man ge berörda beslutsfattare möjlighet att via nätet ställa en sekvens av underrättelsefrågor, successivt få tillgång till influenta delresultat, att sammanställa och analysera dessa samt därefter ställa nya frågor med ledning av gjorda analyser?

Nedan beskrivna idé bygger på en kombination av situationsanalys, styrning av spaningsresurser och ställande av successiva underrättelsefrågor, figur 9. Tillsammans ska dessa möjliggöra för beslutsfattaren att steg för steg närma sig svaret på sin fråga.

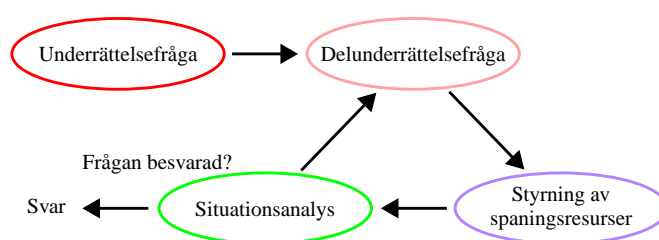
Figur 9. Inkrementella underrättelsefrågor



Idén att ställa successiva underrättelsefrågor iterativt tills dess den ursprungliga underrättelsefrågan är tillfredställande besvarad ställer också krav på situationsanalys och styrning av spaningskapacitet. Situationsanalysen är i grunden oförändrad men den görs här upprepat på mindre och mindre områden och med allt högre upplösning. Detta ställer speciella krav för att snabbt kunna använda tidigare delresultat i nästa stegs förfinade analys. Styrningen av spaningsresurser/sensorer kan jämföras med instyrning (*cueing*) av sensorer. Här kan det dock antingen röra sig om vanlig instyrning av sensorer eller att en sensor eller spaningsresurs styr in sig själv mellan de olika stegen i analysen utgående från den mellanliggande situationsanalysen.

Därutöver behövs intelligenta metoder för att automatiskt finna följdfrågor till en underrättelsefråga. En beslutsfattare skall kunna formulera en underrättelsefråga där systemet föreslår en delunderrättelsefråga och beroende på det svar som erhålls från situationsanalysen som görs baserat på denna delunderrättelsefråga bör systemet automatiskt kunna generera ytterligare delunderrättelsefrågor vars svar skulle göra det möjligt att förfina analysen. Till dessa genererade delunderrättelsefrågor bör också en styrning av spaningsresurserna kopplas, figur 10.

Figur 10. Fråga – styrning – analys, och fråga igen, ..., svar.



5.6 Om värdering av datafusionsresultat

5.6.1 Värdering av omgivande system

Avsikten är här att i sin helhet värdera ett system som innehåller en datafusionsprocess. Systemet antas vara större än själva datafusionsprocessen varför man kan utvärdera systemets prestanda med eller utan att inkludera datafusionsprocessen. Detta ger en övergripande bedömning av vilket tillskott datafusion ger det aktuella systemet. I den mån datafusionsprocessen egentligen består av flera delprocesser blir det också möjligt

att studera olika uppsättningar av delprocesser och vilka övergripande bidrag de olika uppsättningarna ger det större systemet. Vi kan också prova att byta ut en delprocess mot en annan och på det sättet utvärdera vilka bidrag två alternativa delprocesser ger det större systemet. Denna metodik bygger naturligtvis på att det är möjligt att kvantitativt utvärdera det större systemets prestanda.

5.6.2 Värdering av datafusion mot slutanvändaren

Den centrala aspekten bakom uttrycket “värdering av datafusion mot slutanvändaren” syftar främst på den återkopplingsfas som eftersträvas i relationen mellan datafusions-systemet och dess användare. Uttrycket värdering innebär här värdering av användarens förmåga att hantera och förstå resultatet av, i detta fall, en datafusionsprocess. Av denna anledning avser vi med värdering att användaren skall ges möjlighet att värdera sin kunskapsnivå, dvs användaren skall kunna förbättra sin förmåga att både förstå och hantera datafusionsprocessen genom att lära av sina misstag. Mot denna bakgrund kan man betrakta ett system med innefattande värderingsinstrument som ett *aktivt inlärningssystem*. Målsättningen är således att identifiera metoder för värdering samt att utveckla ett system för detta ändamål.

5.6.3 Värdera metod gentemot problem

Robusthet/korrekthet

Här fokuserar man på en enskild metod och frågar sig “Vad löser metoden?” samt “Hur väl löser den det?”. Det är väsentligt att en viss metod faktiskt löser det problem den utger sig för att lösa och inte något snarligt problem. Har man försäkrat sig om att metoden löser rätt problem så är nästa fråga hur väl den faktiskt löser problemet. Detta kan göras med hjälp av en simulering av metoden och en jämförelse mellan metodens resultat och simuleringens facit.

Ett problem uppstår när simuleringen också har använts vid metodens utveckling. Man kan då ha en metod som löser det simulerade problemet bra, men som har en sämre prestanda i verkligheten om simuleringen inte riktigt överensstämmer med verkligheten. Det är därför intressant att söka metodens “*breakdown point*” med hjälp av simuleringar som avviker från antagen doktrin.

Generiska värderingsmetoder

Den ansats som skisseras här har hämtats ur en artikel av Oxenham *et al.* [20]. För att denna ansats skall kunna användas i praktiken krävs att man kan mäta osäkerheten som varje evidenstillstånd representerar. Prestanda för datafusionsprocessen mäts i denna modell genom att man jämför den ökning eller minskning av information som systemet, eller snarare dess olika delprocesser, ger. Det övergripande målet för denna metod är att mäta om osäkerheten i det “fusionerade trolighetstillståndet” (*fused belief state*) är större eller mindre än osäkerheterna i vart och ett av utgångstillstånden, tagna var för sig eller sammanvägda på något systematiskt sätt.

I andra arbeten, t ex [17], diskuteras begreppen redundans, komplementaritet, information i rätt tid och information till lägre kostnad. Dessa begrepp är av en annan och mer oskarp karaktär än en mätbar grad av osäkerhet, men är likafullt väsentliga för värderingen av datafusionssystem.

6. Utveckling av en demonstrator

Den FOA-institution författarna till denna rapport tillhör, Informationssystemteknik, har presenterat planer på att inrätta ett datafusionslaboratorium som bl a skulle ha syftet att erbjuda en plattform för demonstration av resultat inom datafusionsområdet. Finansieringen av dessa planer är dock ännu inte avgjord.

Laboratoriet är även tänkt att användas vid utveckling av demonstrationssystem och testsystem, och detta skulle naturligtvis vara den tidsmässigt dominerande användningen.

Genom att samlokalisera verksamhet till en lokal med gemensam "infrastruktur" i form av programvara och maskinvara och samtidigt avdela resurser för att skapa en gemensam demoplattform skapas en förutsättning för ett utökat samutnyttjande och förbättrad synergi mellan olika datafusionsprojekt.

Antingen datafusionslaboratoriet blir av eller ej planerar vårt projekt, om vi får tillräckliga resurser, att konstruera och utveckla ett demonstrationssystem för datafusion i den taktisk underrättelseprocessen. En intressant förebild är den demonstrator som sex NATO-länder (Storbritannien, Tyskland, Canada, Nederländerna, Danmark, Italien) utvecklat och nyligen tagit i drift. Här simuleras förloppet hos ett scenario, som hittills varit av kallakrigstyp, men scenarier kan definieras tämligen fritt. Scenariet genererar ett flöde av underrättelserapporter, dvs sensorerna abstraheras som rapportgeneratorer med utinformation strukturerad enligt NATO-standarderna AdatP3. Olika fusionsmetoder/algoritmer får verka på detta underlag tillsammans med annan aprioriinformation, bl a omgivnings- och doktrininformation, och ger en lägesbild som av simulatoren kan jämföras med "facit". Se vidare avsnitt 4.4.1.

En annan partiell förebild är SAIC-studien som genomfördes under 1998 och som använde en scenariosimulator (*Judy*) som "spelmotor", se avsnitt 1.6. I *Judy* finns ingen hantering av datafusionsprocessen, varför denna fick ersättas med grova skattningar av vilken information som stod beslutsfattarna till buds. Däremot gav SAIC-studien en god inblick i hur man kan representera och simulera komplexa scenarier på taktisk underrättelsenivå med en detaljeringsgrad ned till enskilt fordon och vapensystem.

Mot bakgrund av SAIC-studien och de rekommendationer som gjorts med anledning av den, har ett projektförslag lagts fram för forsknings- och teknikområdet Ledning, med syfte att på djupet studera hur data- och informationsfusion för DBA skall kunna utvecklas. Förslaget är utformat i samarbete mellan FOA, FMV och CTS. De resonemang och erfarenheter som förts i denna rapport om studium och utveckling av metodik för informationsfusion kan direkt överföras till ett sådant projekt, om det kommer till genomförande.

Hur som helst behöver man när man vill angripa problem av denna komplexa karaktär utveckla och experimentera med scenariosimulatorer på det sätt som ovan antytts, innan man har en rimlig möjlighet att uttala sig om datafusionsmetodernas användbarhet eller detaljerade utformning, och ännu mycket mer om man vill göra uttalanden om hur ett ledningssystem ska vara beskaffat som utnyttjar datafusion. För att göra detta krävs, förutom själva datafusionssystemet, i första hand en *scenariogenerator* och en

autonom *spelmotor*, dvs ett program som driver fram scenariet i enlighet med i förväg angivna förutsättningar och regler.

6.1 Syfte

Vårt projekt planerar att bygga upp, utvärdera och demonstrera en *provbänk* eller *demonstrator* som skall stödja utveckling, demonstration, analys och värdering av datafusionsmetoder för sammanvägning av spanings- och underrättelseinformation samt för samordning av egna spaningsresurser. Med hjälp av denna demonstrator skall ett antal metoder för *spaningsresursallokering*, *sammanvägning* och *tolkning* formuleras, realiseras, utvärderas och demonstreras. Detta skall ske med hänsyn till att staber och förband oftast har många samtidiga underrättelsefrågor att prioritera och behandla. De skall också ta hänsyn till behovet av att beslutsfattande skall kunna ske distribuerat, dvs med viss grad av samordning utan strikt hierarkisk styrning. Metoderna skall utformas för att hantera osäker, ofullständig och motstridig information. En viktig del av metodutvecklingen rör presentation och interaktion människa-system för att stödja kritisk analys och förståelse av det sammanvägda resultatet.

Syftet med demonstratorn skall vara att åskådligt, realistiskt och trovärdigt visa hur den taktiska underrättelseprocessen kan stödjas med hjälp av framtida teknik inom sensor-teknik, kommunikation, datafusion och beslutsstöd. Demonstratorns funktion och arbetssätt skall därför i princip kunna förstås av dem som använder den. Presentation och förklaring av metodiken blir därmed lika viktig som dess implementering. Det skall alltid vara möjligt att visualisera vilken information som använts för att komma fram till en viss slutsats, vilken slutsatsdragning som gjorts, samt hur stor relativ vikt en viss grupp av indata har haft för slutresultatet.

En viktig del av utvecklingen rör val av metodik för presentation och interaktion mellan människa och system som kan underlätta kritisk analys och förståelse av det sammanvägda resultatet. Det rör sig då inte om ergonomi i klassisk bemärkelse, utan om att välja lämpliga visualiseringsmässiga representationer för olika slags abstrakta objekt som kan vara resultat av datafusionsprocessen, exempelvis ett tredimensionellt sannolikhetsfält eller en trolighetsgraderad mängd av fientliga förflyttningsoptioner. Empiriska studier för att i detalj avgöra vad som kan anses vara bästa sättet att representera sådan information i en operativ stab ingår däremot inte i delprojektets uppgift. Vi anser att sådana studier lämpligen bedrivs på ett senare stadium sedan man genom prototypstudier kommit fram till ett antal konkreta förslag till vilka processer och objekttyper som behöver styras respektive presenteras.

De problemtyper vi vill studera är de som angivits i avsnitt 1.7.1 sid 25:

- hur kan man ge berörda beslutsfattare möjlighet att via nätet *ställa* en sekvens av *underrättelsefrågor*, successivt *få tillgång till* inlämnade *delresultat*, att *sammanställa* och *analysera* dessa samt därefter *ställa nya frågor* med ledning av gjorda analyser?
- hur skall man åstadkomma att fördelningens totala underrättelsematerial, liksom de olika företag som pågår för att förbättra det, ständigt är *tillgängligt* och *överblickbart* av de beslutsfattare som behöver denna information?
- vilket informationstekniskt stöd kan ges till underrättelsefunktionens *analys-* och *tolknings*processer i en underrättelsestab?

- hur skall (partiell) information från olika sensortyper, inklusive mänskliga iakttagelser, *samordnas* och *sammanvägas* med varandra och med tidigare känd (data-bas)information
- hur skall tillgängliga spaningsresurser *disponeras* och *inriktas* på kort och längre sikt för att resurserna ska utnyttjas på bästa sätt?
- hur ska man behandla det faktum att man mycket ofta har att göra med *oskarp* och *osäker* information, ibland gällande samma företeelse som har observerats och aggregerats längs mer än en rapporteringsväg i hierarkin?
- på högre nivåer måste finnas möjlighet att se information med *olika aggregeringsgrad* (motsvarande beslutsunderlag på olika beslutsnivåer) "samtidigt". Hur skall en sådan presentation vara utformad för att ge möjlighet att "zooma" i informationshierarkin på ett sätt som ger beslutsfattaren möjlighet att uppfatta samband mellan information på olika aggregeringsnivå?

6.2 Arkitektur

Vi har diskuterat med *Försvarets Krigsspelscentrum* (FKSC) om deras "spelmotor" Tyr skulle kunna vara en lämplig plattform att utgå ifrån. Detta alternativ vore på många sätt lockande, men det innebär också att vi måste lösa flera problem vars svårighetsgrad vi inte idag överblickar. Ett är att Tyr är avsett för manuella spel och inte för autonom simulering. En annan komplikation är att Tyr av detta och andra skäl inte lämpar sig som utvecklingsmiljö för datafusionssystem. I ett forsknings- och utvecklingsprojekt behöver man full kontroll över sin programvara, och den får inte vara mycket mer komplex än uppgiften kräver, om man skall ha förutsättningar att lyckas.

Inom USDoD tog man för några år sedan fram den så kallade HLA-standarden (HLA står för *High Level Architecture*), med vars hjälp man kan skapa hierarkiskt kopplade modeller för simulering av förlopp på flera växelverkande aggregationsnivåer. Det HLA-projekt som för närvarande bedrivs på FOA, med bland annat FMV, FKSC och Mandator AB (som äger Tyr-systemets kod) som intressenter, pekar på en kanske möjlig väg att gå: medan Tyr tillhandahåller det övergripande scenariet med sin tidsutveckling, kan man förmodligen låta HLA-anslutna, mer detaljerade och specialiserade modeller, utföra den analys som krävs för att modellera användning av informationsfusion i större eller mindre delar av scenariet.

En ansats med mer begränsad ambition vore att utgå från den visualisator som vi utvecklat för projekten IT4 FASIM och dess efterföljare DDFSIM. Det skulle krävas mycket arbete att utveckla den vidare till en datafusionsdemonstrator, men FASIM/DDFSIM ger tillgång till en omgivningsdel som skulle kunna återanvändas och en allmän arkitektur som erbjuder relativt goda utbyggnadsmöjligheter. FASIM/DDFSIM är ett simulatorsystem som vår forskningsgrupp bidragit till att utveckla åren 1992-96, och som erbjuder 3D- och 4D-hantering av omvärldsscenarioer och därför har goda möjligheter att representera den process vi vill beskriva. Systemet är också redan försett med detaljerade tredimensionella geodata över ett område (ungefär Södertörn) som bör kunna tjäna som underlag för ett spelscenario. Aktuella delar, de som vi själva utvecklat, av FASIM/DDFSIM körs i en Silicon Graphics grafikdator under operativsystemet Unix.

En tredje tänkbar väg vore att träffa en överenskommelse med berörd instans inom NATO med syftet att göra det möjligt för oss att utgå från DFD-systemet. Om detta är i första hand politiskt, i andra hand ekonomiskt möjligt kan vi f n inte bedöma. Ur teknisk synpunkt skulle det ge oss möjlighet att fokusera på vidareutveckling av fusionsmetoder och slippa arbetet med att utveckla ett ramverk, men får å andra sidan ingen möjlighet att påverka utformningen av detta ramverk vilket kan inverka på våra möjligheter att realisera ett “genomskinligt” och begripligt system.

Utvecklingsarbetet kommer att följa en evolutionär utvecklingsmodell [30], vilket bl a innebär att vi så snabbt som möjligt producerar en första fungerande version med ett absolut minimum av funktioner, för att verifiera att våra ideer och strukturer fungerar och för att undvika att vi bygger fast oss i alltför ambitiösa eller på annat sätt opraktiska lösningar.

6.3 Metoder

Eftersom analysen av provbänksfunktionaliteten ännu inte genomförts, kan vi f n bara skissera vad vi hittills tänkt oss, baserat framförallt på vad som skrivits i tidigare kapitel. *NATO Data Fusion Demonstrator* (avsnitt 4.4.1) är därvid en självklar förebild, men vi vill naturligtvis nå längre än man gjorde i detta mer än fem år gamla projekt. Aggregering, generalisering, “templating”, distribuerad styrning av valet av underrättelsefråga samt av inhämtningsprocessen bör ingå. Adekvat hantering av osäkerhet i dataunderlag och modeller är en grundförutsättning. Av resursskäl kan vi enbart antyda vissa aspekter av den datoriserade IPB-processen, t ex vädrets inverkan. I en grov modell kan denna simuleras med hjälp av enkla regler som styr om en spaningsaktör (sensor) ser något eller ej och då förmodligen med ganska förutsägbart resultat. För att simulera en mer nyanserad observations- eller framkomlighetsförmåga fordras relativt stor kunskap om miljö sambanden för berörda spaningsaktörer och spaningsobjekt.

En svårighet anser vi vara att skapa adekvata databaser över motståndarens doktrinmallar. Någon sådan databas, fiktiv men ändå plausibel, kommer att behövas. Det vore en viktig poäng om systemet lätt kunde växla mellan olika doktriner och därvid visa hur doktrinen påverkar slutresultatet (hotbedömningen) och dess osäkerhetsmått. Vi tror att en koppling till Tyr skulle kunna ge ett visst stöd när vi vill åstadkomma detta, eftersom Tyr har en relativt omfattande uppsättning underrättelsedata.

Översiktliga modeller av ett antal olika sensorsystem behöver finnas. Att välja dessa system är en viktig uppgift i analysarbetet, men utvecklingen av demonstratorn kommer alltså att ske steg för steg. I den första fungerande versionen kommer vi antagligen att använda en enda sensortyp, eller möjligen ett par, eftersom det bör räcka som grund för att utveckla en lämplig grundstruktur.

6.4 Nyttobedömning

Försvarsmaktens nytta av att ha tillgång till en demonstrator av skisserat slag har flera aspekter.

För det första bedömer vi att fokuserad *forskning* om informationsfusion för framtidens ledningssystem inte kan komma igång på allvar utan att baseras på ett långsiktigt inriktat, konkret projekt vars målsättning är intressant både ur ren forskningssynpunkt och

ur ett användarperspektiv. Att å andra sidan forskning inom detta område är av central betydelse för det svenska försvarets möjligheter att på sikt uppnå informationsöverlägsenhet över potentiella motståndare har varit temat genom hela denna rapport.

För det andra anser vi att tillgång till ett system för informationsfusion med rätt förmåga och som är tillräckligt lätt att använda skulle ge *utbildning och övning* inom underrättelseområdet väsentligt förbättrade möjligheter, ge kursdeltagare möjlighet att spendera en betydligt större del av sin tid på väsentliga frågeställningar i stället för att kämpa med att hålla ett övermäktigt informationsflöde stången, och sist men inte minst, bidra till bättre beslut genom att fler handlingsalternativ och fler möjliga tolkningar, med sin beräknade trolighet, kan studeras och värderas. Ett sådant övningssystem skulle inte behöva vara drastiskt annorlunda utformat än själva demonstratorn, men det är antagligen ändå lämpligt att driva arbetet i två separata steg med olika huvudmän för forskningssystemet (FOA) och ett på erfarenheterna från detta baserat utbildningssystem (förslagsvis vid UndSäkC och/eller FKSC).

För det tredje tror vi att fortsatt *utvecklingsarbete* på själva underrättelsesystemet för att nå framgång måste bygga på en vetenskaplig grund, även långt innan man kan tala om att med detta system uppnå informationsöverlägsenhet. Att bedriva sådant utvecklingsarbete utan nära kontakt mellan användare, utvecklare och kvalificerad teknisk-vetenskaplig metodforskning medför att den resulterande produkten kommer att få en lägre kvalitet och sämre förmåga än Försvarmakten betalat för, eftersom de resurser som läggs på forskning inom informationsfusion inte nyttiggörs i praktiken. Ett väl avvägt demonstratorprojekt gör det möjligt att fortlöpande utveckla och värdera nya och förbättrade metoder för informationshantering och informationsfusion, och därefter relativt snabbt överföra dem i reguljärt bruk. Jämför de kanadensiska erfarenheter som relateras i avsnitt 4.4.3.

7. Referenser

1. Moore, G.E., Cramming More Components Onto Integrated Circuits, *Electronics*, Vol. 38, No. 8, April 1965, pp. 114-117.
2. Marsh, H.S., From the Fog of War to Information Overload: A New Challenge for Command and Control, MITRE Corporation, Boston, MA.
3. Teknisk-Taktisk-Strategisk Studie av "Det Digitala Slagfältet", TSS/DigS. FOA 1996-08-30, Dnr 96-3276/S.
4. Teknisk Prognos 1995 (TP95), Systemområdesprognos Ledningssystem. FMV 95-12-18, Dnr GD 21 121:3394/95, bilaga 14.
5. Mellberg, K., och Schyborger, G., Behovet av och möjligheter med teknik för framtida underrättelsetjänst, sid 17-42. Årsberättelse 1995 i avd IV. *KKrVA Handlingar och Tidskrift 5/95*.
6. Glad, T., och Ljung, L., *Reglerteori. Flervariabla och olinjära metoder*. Studentlitteratur, Lund 1997.
7. Campen, A.D., Intelligence Leads Renaissance in Military Thinking, *Signal*, August 1994.
8. Johnson, S.E., and Libicki, M.C. (eds.), *Dominant Battlespace Knowledge*, Center for Advanced Concepts and Technology, National Defense University, Washington, DC, 1996.
9. C4I for the Warrior, Joint Chiefs of Staff, US Department of Defense, Washington, DC, 1992.
10. National Critical Technologies Report, US Department of Commerce, Washington, DC, 1995.
11. Critical Technologies Plan, US Department of Defense, Washington, DC, 1985.
12. Llinas, J., Multisensor Data Fusion. Providing C4I for the Warrior through Technology and Development, Kursdokumentation FOA 73, 1995 (© 1995 by James Llinas).
13. Waltz, E., and Llinas, J., *Multisensor Data Fusion*, Artech House, Boston, MA, 1990.
14. Hall, D.L., *Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion*, Artech House, Boston, MA, 1992.
15. Antony, R.T., *Principles of Data Fusion Automation*, Artech House, Boston, MA, 1995.
16. Goodman, I.R., Mahler, R.P.S., and Nguyen, H.T., *Mathematics of Data Fusion*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederländerna, 1997.
17. Luo, R.C., and Kay, M.G. (eds.), *Multisensor Integration and Fusion for Intelligent machines and Systems*, Ablex Publishing Corp., Norwood, NJ, 1995.
18. Waltz, E.L., and Buede, D.M., Data Fusion and Decision Support for Command and Control, in Luo, R.C., and Kay, M.G. (eds.), *Multisensor Integration and Fusion for Intelligent machines and Systems*, 563-595.

19. *Proc. First Australian Data Fusion Symp. (ADFS'96)*, Adelaide, Australia, November 18-19, 1996, IEEE Press, Piscataway, N.J., 1996. ISBN 0-7803-3601-1.
20. Oxenham, M.G., Kewley, D.J., and Nelson, M.J., Performance assessment of Data Fusion System, in *Proc. First Australian Data Fusion Symp. (ADFS'96)*, 36-41.
21. Arabnia, H.R., and Zhu, D (eds.), *Proc. of the International Conference on Multi-source-Multisensor Information Fusion (Fusion'98)*, Las Vegas, Nevada, July 6-8, 1998. CSREA Press, USA 1998.
22. Bedworth, M. and O'Brien, J., *Proc. of the International Conference on Data Fusion (EuroFusion98)*, Great Malvern, UK, October 6-7, 1998.
23. White, F. E., Managing Data Fusion System in Joint and Coalition Warfare, in Bedworth, M. and O'Brien, J. (eds.), *Proc. of the International Conference on Data Fusion (EuroFusion98)*, 49-52.
24. Luo, R.C., and Kay, M.G., Data Fusion and Sensor Integration: State-of-the-art 1990s, in *Data Fusion in Robotics and Machine Intelligence*, Academic Press, 1992
25. C4I Technical Architecture, v. 3.1, US Department of the Army, Washington, DC, 1995.
26. Blaker, J., The Owens Legacy. The Former Vice Chairman of the Joint Chiefs Laid the Groundwork for a Revolution, *Armed Forces J. Int.*, 20-22, July, 1996.
27. *New World Vistas - Air and Space Power for the 21st Century: Information Technology Volume*, US Department of the Air Force, Washington, D.C., 1995.
28. —: *Information Applications Volume*, US Department of the Air Force, Washington, D.C., 1995.
29. Morefield, C.L., Situation Awareness in the 21st Century, in *New World Vistas - Air and Space Power for the 21st Century: Information Applications Volume*, US Department of the Air Force, Washington, D.C., 1995.
30. Alm, I., Eriksson, E.A., Lindgren, T., Odar, S., Sköld, S., och Svensson, P., Ny systemarkitektur för evolutionär utveckling av lednings- och informationssystem för försvaret. En förstudierapport från projektet Systemarkitektur. FOA-R--98-00673-505--SE, Avdelning för Försvarsanalys, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, 1998.
31. *Proc. First HSA (UK) Conf. on the Digital Battlefield*, London, U.K., April 27-28, 1995.
32. Newton, R.G., *The Truth of Science*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1997.
33. Intelligence Preparation of the Battlefield, US Army Field Manual 34-130, US Department of the Army, Washington, DC, 1994.
34. The Future of Warfare, *The Economist*, 21-24, March 8-14, 1997.
35. Johnson, S.E., and Levis, A.H., Eds., *Science of Command and Control: Part I, Coping with uncertainty*, AFCEA International Press, Washington, DC, 1988.
36. Johnson, S.E., and Levis, A.H., Eds., *Science of Command and Control: Part II, Coping with complexity*, AFCEA International Press, Washington, DC, 1989.

37. Levis, A.H., and Levis, I.S., Eds., *Science of Command and Control: Part III, Coping with change*, AFCEA International Press, Washington, DC, 1994.
38. Bråmås, Å., Fransson, J., Jöred, K., och Schubert, J., Datafusionsmetoder för sammanställning och analys av underrättelsesdata - En förstudie, FOA-R--98-00698-505--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1998.
39. Schubert, J., Cluster-based Specification Techniques in Dempster-Shafer Theory, in *Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning and Uncertainty* (C. Froidevaux, and J. Kolas, Eds.), *Proc. European Conf. (ECSQARU'95)*, 395-404, University of Fribourg, Switzerland, July 3-5, 1995, Springer-Verlag (LNAI 946), Berlin, 1995.
40. Schubert, J., Fast Dempster-Shafer Clustering Using a Neural Network Structure, in *Proc. Seventh Int. Conf. Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'98)*, (B. Bouchon-Meunier, and R. Yager, Eds.), Paris, France, 6-10 July 1998.
41. Jesse, L., Temporal Transition Models, A New Approach to Situation Assessment and Predictive Analysis, Ph.D. Thesis, University of Colorado, CO, 1993.
42. Schubert, J., Prediktion av främmande ubåtars framtida position, FOA-R--96-00296-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1996.
43. Alm, I., Backlund, U., Bengtsson, M., Carlsson, C. (Red.), Carlsson, L., Christiansen, A.-L., Grahn, P., Jungert, E., Lauberts, A., Letalick, D., och Westerlund, C.-L., Multisensorteknik och datafusion - ett FOA-perspektiv, FOA-R--98-00710-408--SE, Avdelningen för Sensorteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1998.
44. Johansson, S., Arméns underrättelsesystem - 1. Underrättelseprocessen, FOA Rapport C 30755-3.8, Huvudavdelning 3, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1994.
45. Underrättelsereglemente för armén, UndRA, 804-64357 Chefen för Armén, Stockholm 1988.
46. Försvarmaktens ledningsutvecklingsplan 1998 - 2001, Försvarmakten, Stockholm 1988.
47. Eriksson, P., Rekkedal, N. M., Strømmen, W., Militär information vid internationella insatser (gemensam rapport med FFI), FOA-R--95-00192-1.1-1.4--SE, Avdelningen för Förvarsanalys, 1995
48. Agrell, W., *Konsten att gissa rätt - underrättelsevetenskapens grunder*. Studentlitteratur, Lund 1998.
49. Husmann Rasmussen, P., Data Fusion Demonstrator. Projektstatus med udgangen af 1997. Forsvarets forskningstjeneste, Köpenhamn, FOFT F-18/1998.
50. PM Vilseledning. Ett sätt att dölja det sanna och framhäva det falska. Försvarmakten, Stockholm. Bilaga 1 till PM 21 120:73579, 1997-12-15.
51. Bohr, M., Silicon Trends and Limits for Advanced Microprocessors, *Commun. ACM* **41**(3), 80-87, 1998.

52. Bergsten, U., Schubert, J., and Svensson, P., Applying Data Mining and Machine Learning Techniques to Submarine Intelligence Analysis, in *Proc. Third Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'97)*, 127-130, Newport Beach, USA, August 14-17, 1997, AAAI Press, Menlo Park, CA, 1997.
53. Jönsson, L., Sensorer och UAVer med fokus på spaning för en armébrigad, FOA-R--96-00300-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1996.
54. *Telekrig, Lärobok för armén*, Försvarmakten, Stockholm 1997.
55. Informationskriget, *Affärsvärlden*, 17, 22 april 1998.
56. Driggers, R. G., Cox, P., Kelley, M., National imagery interpretation rating system and the probabilities of detection, recognition and identification, *Optical Engineering*, Vol.36, No.7, July 1997
57. Åkerlund, H., Information om marksensorsystem 1997-09-15, PM: FMV ELEKTRO 33 100:31484/97
58. Åkerlund, H., Marksensorsystem redovisade vid SPIE-konferensen i Orlando 1997-04-22, Reserapport FMV ELEKTRO 33 100:29179/97
59. Proceedings of SPIE, Volume 3081, Peace and Wartime Applications and Technical Issues for Unattended Ground Sensors, Orlando, Florida , 22-23 April 1997.
60. URL: <http://www.public.logica.com/~grace/public/cepa6www.html> (december 1998)
61. URL: <http://www.darpa.mil/iso/> (december 1998)

Bilaga 1: Generiska egenskaper hos spaningssystem med tonvikt på sensordelen

Ett spaningssystem skall så bra som möjligt kunna fastställa vad det "ser" och var detta äger rum, ibland även när. De två först nämnda förmågorna, identifieringsförmågan och förmågan till lägesbestämning, beror i hög grad på vilken typ av sensor(er) som används och på den aktuella mätsituationen. Ett systems lämplighet för en viss spaningsuppgift beror, förutom på den inmätande sensors egenskaper, givetvis även på övriga egenskaper hos det system som sensorn ingår i, såsom vilken typ av plattform som bär sensorn och vilka andra delsystem som ingår, t ex kommunikationssystem och möjlighet till egen positionsbestämning.

Utvecklingen på sensorområdet innebär att allt fler system får önskvärda egenskaper (se nedan). Detta som en följd av bl a noggrannare inmätning (större precision och fler detaljer), att nya egenskaper hos målet kan mätas in, längre räckvidder, färre mekaniska delar och därmed mer hållbara komponenter, med lägre vikt och volym. Dessutom tillkommer nya typer av system. För en del befintliga sensorsystem anser man dock att "hårdvaran" nått sin gräns. Oberoende av om detta är fallet eller ej kommer prestanda att kunna höjas genom mer omfattande databehandling på såväl låg nivå, *signalnivå*, som på hög nivå, *systemnivå*. Nya algoritmer och kunskapsbaser kommer här att få stor betydelse. Genom sensorsamverkan, *sensorfusion*, kommer ytterligare prestandahöjningar att kunna göras.

Trots den snabba utvecklingen inom området spaningssensorer och plattformar är det en utopi att det i framtiden kommer att bli möjligt att hela tiden ha en korrekt uppfattning av läget på stridsfältet och om vad som är på väg att inträffa. Det pågår ständigt en kamp mellan medel och motmedel. Motståndarens förmåga att uppträda smygande - såväl tekniskt som taktiskt -, vilseledande och överraskande motverkar våra möjligheter till korrekt lägesuppfattning. En annan riskfaktor ligger i det faktum att komplexa system ofta är sårbara.

Spännvidden i förmågor och kostnader är givetvis stor mellan olika spaningssystem. Det är t ex självfallet stor skillnad på vilka spaningsresultat som kan erhållas från ett satellitburet spaningssystem och vad som kan erhållas från en enstaka, enkel marksensor som kan registrera om något objekt har passerat.

Nedan listas ett antal önskvärda egenskaper hos ett enskilt spaningssystem på det digitala slagfältet, varefter några egenskaper/ förmågor kommenteras närmare. Därefter kommenteras sensorplattformars olika roller. Slutligen ges referenser till översikter av relevanta sensorsystem och deras egenskaper.

1.1 Önskvärda egenskaper/förmågor hos ett enskilt spaningssystem

Exempel på önskvärda egenskaper hos ett spaningssystem listas här. Samtliga uppräknade goda egenskaper finns givetvis inte hos ett enskilt spaningssystem och vissa egenskaper motverkas av andra.

Inom parentes anges om egenskapen huvudsakligen beror på

- den inmätande sensorn (sensor)
- bärare/ plattform av sensorn (plattform)
- övriga delsystem/ "hela systemet" (system)

M betecknar betraktat mål eller skeende

- God identifieringsförmåga, dvs vad M är och inte är
 - god detaljupplösning(sensor)
 - kunskap om M(system)
 - bearbetningskapacitet(system)
- God positionsbestämning, dvs var M är och vart M är på väg
 - god riktninguppfattning i sida och höjd (sensor)
 - god avståndsuppfattning (sensor ev system)
 - god uppfattning om eget läge (system)
 - god uppfattning om M:s "rörlighet"
 - relativ hastighet (sensor, system)
 - relativ acceleration (system)
- Förmåga att verka på rätt plats vid rätt tid
 - hög spaningshastighet - stort synfält (se nedan)
 - hastigheter/tider vid transport och igångsättning (plattform, system)
 - styrbarhet (plattform, system)
 - förmåga att verka autonomt (system, plattform)
- Hög spaningshastighet - stort synfält
 - stort synfält relativt sensorn
 - lång räckvidd (sensor)
 - stort riktningssomfång (spaningsområde)(sensor)
 - sensorns spaningshastighet o rörlighet (sensor)
 - plattformens hastighet och rörlighet (plattform)
- Kontinuitet i lägesbilden i tid och rum
 - förmåga att följa M (sensor, system)
kort omloppstid för att betrakta samma punkt (plattform, sensor)
- Förmåga att verka under olika miljöförhållanden
 - förmåga att verka dygnet runt (sensor)
 - allväderskapacitet (sensor)
 - förmåga att "se" genom hinder, som maskering och skog (sensor, system)
- Robusthet
vid drift oberoende av fi:s aktiviteter

- icke fysiskt bräcklig (system)
- tålig mot väder och vind (system)
- lågt strömförsörjningsbehov (system)

mot fi:s aktiviteter, dvs svår att röja, störa, förstöra, lura

- egna smygegenskaper, förmåga till situationsanpassning (sensor, plattform, taktik, system)
- telekrigskydd (system)
- Lätt att använda, lätt att bära (system)
 - väl utformat MMI-gränssnitt (Människa Maskin Interaktion)
 - låg vikt och volym
- Förmåga att överföra resultat, överföringskapacitet (system)
- Låga kostnader dvs lågt pris/prestanda (system)
 - driftkostnader
 - investeringskostnader
 - utbildningskostnader

1.2 Identifieringsförmåga - diskrimineringsnivåer

En sensors, S, förmåga att upptäcka och diskriminera ett målobjekt/skeende, M, beror förutom på sensors egna egenskaper och det system den ingår i på målobjektets egenskaper och den aktuella miljön, dvs den aktuella mätsituationen.

Nödvändiga villkor för S att upptäcka M är att:

M befinner sig inom S:s spatiala fönster/täckningsområde/"synfält"

samtidigt som M blir "belyst" eller själv "lyser" med en typ av signal(er) som S kan registrera (signalfönster, ex en viss frekvens). Dessutom måste dessa signaler från M ha en sådan styrka att de kan uppfattas/indikeras av S samt kunna särskiljas från bakgrundsignaler.

För att S eller det system S ingår i skall kunna uttala sig om egenskaper hos M (t ex *klassificering* och *identifiering* av M) fordras i regel att fler detaljer i inkommande signaler från M kan registreras och att dessa analyseras med utnyttjande av kunskap om möjliga objekt och med kunskap om den aktuella miljön. Det är givetvis önskvärt att denna analys kan ske automatiskt utan medverkan av en mänsklig operatör, men i dagsläget är detta i många fall svårt att åstadkomma, såsom vid analys av vissa bilder. *Automatic Target Recognition*, ATR, är ett område som det forskas mycket inom och för vissa tillämpningar har man kommit långt för att förverkliga ATR-funktionen. Ibland står ATR för *Aided Target Recognition* vilket måhända skall antyda att helautomatiska system kan vara svåra att åstadkomma.

I vilken grad ett sensorsystem kan diskriminera ett objekt M uttrycks ofta i termer som att upptäcka, klassificera, identifiera. Innebörden av dessa termer varierar mellan olika typer av sensorer och bearbetning, men gemensamt är att de uttrycker olika grad av diskrimineringsförmåga.

För t ex marksensorer använder bl a FMV följande termer:

- *indikering*
att skilja på om någonting/ingenting har hänt
- *upptäckt*
att särskilja ett potentiellt mål från bakgrunden
- *klassificering*
att särskilja potentiella mål från icke mål av samma storlek och
ange målets generella klass
- *igenkänning*
att särskilja målets från andra militära mål av samma generella klass
- *identifiering*
att särskilja mellan igenkända objekts militära beteckning

För bl a taktiska bildsensorer används ofta termerna

- *detection* - upptäckt
fläck har rimlig sannolikhet för att vara ett sökt objekt
- *recognition* - igenkänning/klassificering
objekt som är urskiljbar med tillräcklig tydlighet så att en
specifik klass kan särskiljas (tank, truck, man)
- *identification* - identifiering till typ
objekt som är urskiljbar med tillräcklig tydlighet för att specificera typ inom en
klass

Systemprestanda för "taktiska" bildsensorer som inkluderar EO- och IR-system på plattformar på marken eller låg höjd brukar uttryckas i sannolikheter för upptäckt, igenkänning och identifiering av målobjekt på ett givet avstånd, dvs med hjälp av ovanstående begrepp. Systemprestanda för "strategiska" bildsensorer som används för spaning och övervakning från plattformar på hög eller medelhög höjd brukar emellertid uttryckas i en annan skala, nämligen i NIIRS (*National Imagery Interpretability Rating Scales*). Eftersom det är angeläget att göra information från "strategiska bildsensorer" tillgänglig för taktiska överväganden arbetar man på hur systemprestanda för olika bildsensorer skall kunna "översättas" från en kategori till en annan [56].

1.3 Positionsbestämning - spatiala parametrar

1.3.1 Målobjektets position relativt den registrerande sensorn

De flesta sensorer kan "på egen hand" (utan extra kunskap) vid ett momentant mättilfälle fastställa ett registrerat objekts position i 1, 2, eller 3 dimensioner i förhållande till eget läge. Vissa sensorer kan enbart mäta in en dimension, t ex riktning i sidled till registrerat objekt eller avståndet till detta. Andra sensorer kan mäta in två dimensioner, t ex riktning i sida och höjd. Ytterligare andra sensorer såsom vissa radarsystem kan mäta in tre dimensioner.

Hur noggrant ett objekts momentana läge kan fastställas beror således på hur många av de tre dimensionerna som kan mätas in och hur pass noggrant detta kan ske. Resultatet är givetvis även beroende av den yttre miljöns påverkan t ex vågutbredningsförhållanden och överlagrade signaler från andra objekt.

Positionsbestämningen kan förbättras om den registrerande sensorn rör sig relativt det betraktade objektet och mäter in positionsdata för objektet vid flera tidpunkter och jämför resultaten från mätningarna med varandra. Samma effekt kan erhållas om två eller flera sensorer samverkar vid inmätning. Detta under förutsättning att det är samma fysiska objekt som mätes in och jämförs, dvs att registreringarna associeras korrekt. Om det finns flera potentiella objekt kan detta vara ett intrikat problem och speciellt om de är många och rör sig.

Även om endast en inmätning sker kan i vissa fall positionsbestämningen förbättras efter viss bearbetning. Detta förutsätter dock att det finns ytterligare kunskap. Ett exempel på detta är om avståndet till ett objekt inte är känt så kan det uppskattas om man vet att det betraktade objektet är markbaserat och man vid registreringsögonblicket känner sensorns egen höjd och höjdvinkel till objektet i fråga samt aktuell marktopografi.

1.3.2 Målobjektets rörelse relativt registrerande sensor

Ett objekts rörelseriktning, hastighet och acceleration kan ses som ytterligare dimensioner för ett objekts position(er).

Om sensorn eller det betraktade objektet är aktivt, dvs sänder ut egna signaler, och den aktuella sensorn kan mäta in ”dopplereffekten” så kan vissa rörelseegenskaper direkt erhållas.

Genom att analysera hur signalstyrkan varierar för det observerade objektet går det att i vissa fall få en uppfattning hur det rör sig.

Om sensorn är bildalstrande så kan man i vissa fall i bilden eller i en bildsekvens indirekt avgöra om det registrerade objektet rört sig och eventuellt få en uppfattning hur det rört sig i förhållande till den registrerande sensorn.

Prediktering av hur ett objekt förväntas röra sig kan i vissa fall ske med utnyttjande av en rörelsemodell för objektet i fråga.

1.3.3 Målobjektets absoluta position och rörelse

För att fastställa ett objekts absoluta position och rörelse fordras naturligtvis att sensorn/spaningssystemet kan fastställa sin egen position och rörelse med tillräcklig precision.

1.4 Plattformer som bär/transporterar spaningssensorer

Vilka möjligheter, risker och kostnader som är förenade med en spaningsuppgift beror i hög grad på vilken eller vilka plattformar som eventuellt används som bärare av aktuella sensorer under själva mätuppdraget. Om mätning behöver kunna utföras endast då

en plattform är stillastående respektive om mätning skall kunna ske då den rör sig ställer normalt olika krav på plattformen i fråga. Nedan skiljer vi på dessa uppgifter genom att tala om B-rollen (stillastående bärare) respektive T-rollen (transport). Termen plattform används även ibland för det system som skall leverera en sensor till dess mätplats eller annan plattform, dvs inga krav ställs på att den levererande plattformen är involverad då mätning utförs. Detta kallar vi nedan L-rollen (leverans).

En plattforms, P, primära uppgift/roll kan således vara att

- Transportera S så att S kan mäta under transporterten, T-rollen
exempel: UAV med sensor(er), jägarsoldat, som här är både plattform och sensor
- Bärare (stillastående) för en sensor, B-rollen
 - P på plats då spaningsuppdraget ges, B1, exempel fast stationerad mast
 - P placeras under uppdraget, ev av annan P, B2, exempel mast framburen av en terrängbil
- Leverera S till en mätplats, L-rollen
 - leverans innan spaningsuppdraget ges, dvs S på plats då spaningsuppdraget ges, L1
 - leverans under spaningsuppdraget, L2, exempel: spaningsgranat, terrängbil

När det gäller sensorer som har placerats ut i förväg, t ex obevakade marksensorer och fasta master, gäller delvis andra överväganden än för dem som förflyttas under spaningsuppdraget.

Tabell 4. Exempel på plattformstyper och -roller (L/T/B)

terrängbil	<u>L</u> , ev T, ev B
lastbil	<u>L</u> , ev T, ev B
UGV	<u>T</u> , ev L2
flyg	L, <u>T</u>
helikopter	<u>L</u> , T, B hoverande
UAV	<u>T</u> , B hoverande, L
ballong, aerostat	B tjudrad, T
satellit	T, B (geostationär)
spaningsgranat	L2
jägare/person/soldat	
- utan extra sensorer, dvs spaning enbart via egna sinnen	T, B2
- med sensorer som förstärker egna sinnen ex kikare	T, B2
- med bärbara sensorer som riggas upp	L

1.5 Referenser till översikter av relevanta sensorsystem

Det finns många olika typer av sensorsystem som kan utnyttjas för spaning och övervakning från vilka data/information kan utgöra underlag underrättelseanalys. Det skulle här leda för långt gå in på alla dessa system med deras styrkor och svagheter. Vi nöjer oss därför med att referera till några studier och rapporter som översiktligt belyser relevanta sensorsystem och deras egenskaper.

I den av FOA ledda studien "Teknisk Strategisk Studie av Det Digitala Slagfältet" (del 1) [3], diskuterades ett stort antal spanings- och vapensystem. De flesta av dessa har beskrivits i ett antal hemliga spelkort. Tyngdpunkten ligger på spaningssystem för upptäckt och klassificering av markmål.

I FOA-rapporten "Sensorer och UAVer med fokus på spaning för en armébrigad" [53], behandlas sensorer som kan operera såväl dag som natt och som hör hemma i någon av följande tre klasser: elektrooptiska sensorer, radarsensorer och signalspaningssensorer. Egenskaper, användningsområden och lämpliga plattformar redovisas och exempel ges på enskilda sensorsystem som är operativa eller under utveckling.

En speciellt intressant klass av sensorer för övervakning är de som går under namnet *autonoma marksensorer* (t ex akustiska, seismiska, IR) som kan placeras ut i terrängen manuellt eller genom utskjutning, själva bestämma sin position och på begäran leverera sin information över radio eller fiber. Om tillräckligt små och billiga sådana kan konstrueras bör de kunna ge mycket goda möjligheter att övervaka rörelsen hos t ex en luftlandsatt fiendestyrka. Detta under förutsättning att det finns system som kan fusionera informationen från de enskilda sensorerna så att god kontinuerlig lägesuppfattning kan erhållas och därmed bli en grund för andra sensorinsatser. Exempel på denna klass av sensorer kan erhållas från ett par FMV-skrifter [57] [58] samt från [59].

I FOA-rapporten "Multisensorteknik och datafusion - ett FOA-perspektiv" [43], beskrivs ett antal FOA-projekt som behandlar problematiken kring olika sensorsystem, datafusion och datarepresentation. Fokus ligger på beskrivning av metoder, modeller och tekniker tillämpbara på multisensorsystem. I en bilaga ges en sammanställning av egenskaper hos sensorer av olika typ: radar, SIS, laserradar, passiv elektrooptik (IR och multispektral), biosensorer.

Telekrigaspekter kan erhållas från boken "Telekrig" [54], som är en lärobok för armén vars syfte bli är att belysa beroendet av telemedel i våra egna system och hur vi skyddar dessa. I separata kapitel behandlas radiosamband, radar, optronik och signaturanpassning. I boken ges bli exempel på befintliga spaningssystem.

Bilaga 2: Några aktuella utländska ledningssystemprojekt

2.1 US Army's Force XXI

US Army gör en betydande satsning på att utveckla den s k Force XXI, som ska "smälta samman informationsteknologin med konsten att integrera doktrin och organisation, och leda till optimalt utnyttjande av vår kvalitetspersonal". Målet är att skapa nya strukturer som kan operera med ännu större snabbhet och över större ytor. Digitalisering av slagfältet innebär utnyttjande av informationsteknologi för att inhämta, utväxla och utnyttja tidskritisk digital information utmed hela stridsrummet. Informationen skall vara anpassad till varje beslutsfattare, skytt och understödjare efter dennes behov. Syftet är att var och en skall erbjudas en tydlig och tillförlitlig bild av sitt stridsrum som stöd till såväl planering som utförande av striden. Nyckelord är "*lethality, survivability, OPTEMPO*" (utslagningsförmåga, överlevnadsförmåga, operationstempo). USA:s stridskrafter skall med sin informationstekniska överlägsenhet styra stridsrummet, stridstempot och stridsmiljön.

Man strävar att uppnå ett integrerat stridskommando (ledningssystem) från plutons- till armekårsnivå. Varje nivå ska ges en relevant uppfattning av stridsrummet. Samverkansförmåga mellan alla stridskrafter och vapenslag skall uppnås. Understödstrupperna skall ges förmåga att agera mer dynamiskt och behovsstyrt med kort varsel. Små styrkor skall ges större slagkraft och överlevnadsförmåga. Förutsättningarna för att uppnå detta finns i form av modern kommunikationsteknik, moderna sensorer samt rymdbaserade spanings- och kommunikationssystem, integrerade med hjälp av avancerad programvara och moderna datorer.

2.1.1 Stridsledning (Battle command)

Förmåga att leda striden skall skapas inom och mellan vapensystem, staber, sensorsystem och understödssystem genom:

- horisontell integration mellan organisationens specialistfunktioner
- vertikal integration mellan taktiska och stridstekniska nivåer
- automatisk utväxling av information
- elektronisk överföring av kartor, kartöverlägg och order

Kritiska stridsledningsbeslut skall tas och distribueras snabbare än fienden kan göra detsamma, så att initiativet kan tas eller behållas och fienden överväldigas av ett överlägset mentalt och fysiskt operationstempo.

2.1.2 Relevant gemensam lägesbild

Genom att upprätthålla och distribuera en ständigt aktuell gemensam lägesbild vill man uppnå situationsmedvetenhet, möjlighet att skilja vän från fiende samt snabbare åtkomst till underrättelsesdata. *Fusion och distribution av und skall ske i nära realtid.* En gemensam databas möjliggör snabb informationsöverföring. Frågorna "Var är du? Var är fienden? Vad gör ni? Vad gör fienden?" skall alltid snabbt kunna besvaras.

2.1.3 Större slagkraft och överlevnadsförmåga

Ökad förmåga att synkronisera direkt och indirekt eld skall uppnås genom snabbt inhämtande, korrelering och överföring av måldata till vapenplattformar. Automatiskt målöverlämnande skall kunna ske mellan markstrids-, luft- och eldunderstödsförband. Operationer skall försörjas med data under marsch. Slagkraft skall kunna koncentreras utan traditionell truppstyrkekonzentration.

2.1.4 Mer följsamma underhållsförband

Inom operationsområdet skall underhållet snabbt inhämta, kommunicera och tillgodose underhållsbehoven från starkt specialiserade stridsenheter som opererar från uppdelade baser. Mellan operationsområden skall förmågan att begära, samla och transportera vitala resurser från bakre underhållsbaser till framskjutna operationsplatser väsentligt förbättras. De nuvarande strategiska, operativa och taktiska underhållsnivåerna skall vävas samman till en sömlös helhet.

2.1.5 Interoperabilitet mellan vapenslag

Nuvarande och framtida C4I-program skall fungera inom ramen för ett "Common Operating Environment" som följer *Global Command and Control System (GCCS)*-standard. Gemensam teknologi och gemensamma procedurer skall användas så långt det är möjligt. GCCS skall utsträckas ned till lägsta taktiska nivå: den enskilda soldaten och vapenplattformen.

2.1.6 US Army's C4I-arkitektur

Armens ledningssystem kommer att bestå av GCCS på högsta nivå, med *Army GCCS* som en anpassning till specifika armebehov, *Army Tactical C2 System* på taktisk nivå samt *Force XXI Battle Command System* på stridsteknisk nivå. Dessa system skall fungera integrerat, utnyttja kommersiella standarder och protokoll i en öppen systemmiljö samt följa DoDs tekniska arkitektur. Utprovningen av det nya arbetssättet skall ske genom en serie experiment, där alla relevanta beslutsnivåer deltar. Experimenten sker i tre steg med ökande omfattning på de deltagande förbanden: brigad, division, armekår, under budgetåren 97, 98 och 99. Till en början testas applikationen "Brigade-and-below C2 Software".

2.1.7 Force XXI - Appliqué Program

Detta utvecklingsprogram syftar i första fasen till att integrera digital C2-förmåga i en styrka av brigadstorlek för att kunna genomföra prov, demonstrationer och experiment.

Försöken skall leda fram till en beskrivning av hur resurserna bäst ska användas och förväntas medföra förändringar av organisation och taktik.

Systemen som tas fram skall i huvudsak bygga på redan existerande maskinvara och programvara ("off-the-shelf"). En tung brigad utrustas med upp till 1300 enheter ("appliqués"), varav 3-400 avsedda för infanterisoldater.

Programvaran består av komponenter hämtade från olika tidigare utvecklingsprogram, existerande C2-system m m. Ett betydande antal olika vapensystem och fordon ska utrustas med systemet.

2.1.8 Integration av alla slagfältssystem

Målet är att integrera applikationer, inbyggda system och *Army Tactical Command and Control System* (ATCCS). Detta görs via den nya arkitekturen *Battlefield Information Transmission System* (BITS). BITS ska ge ökad datakapacitet, minskad modulstorlek och multimodkapacitet för effektivare samband. BITS skall också pröva kommersiell teknik.

2.1.9 Samverkande och allierade stridskrafter

Nyckeln till fungerande samverkan mellan vapenslag är en *gemensam teknisk arkitektur*.

En gemensam organisationsstruktur har skapats för armén, marinen och marinkåren (flyget skall komma med senare) för att följa utveckling och genomförande av *Digitization Master Plan*. Allierade försvarsmakter (Frankrike, Tyskland och Storbritannien) har inbjudits att följa experiment och planering. Man planerar också ett gemensamt experiment med Tyskland (*International Command and Control Systems Interoperability*).

2.1.10 NATO

En serie storskaliga övningar som NATO genomförde hösten 1994 ledde till bland annat följande slutsatser:

- det föreligger fortfarande många tekniska hinder för dataöverföring; ofta var tal-kommunikation den enda möjliga formen för informationsutbyte mellan olika nations styrkor
- normalt var fördröjningen vid överföring av meddelanden 2 till 3 timmar
- det fanns gap i sammankopplingen till högre och sidoordnade staber, som överbrygades med komplicerade och sårbara ledningssystemstrukturer som saknar uthållighet och redundans
- det råder brist på välutbildade sambandsofficerare

NATO försöker råda bot på dessa problem på olika sätt. Några av de viktigaste projekten är:

- "Projektgrupp 6" som lyder under Tri-Service Group on Communications and Electronics och arbetar med *Tactical Communications for Land Combat Zone* (TSGCE) efter år 2000
- arbetsgruppen *Allied Tactical Command and Control Infrastructure Systems* (ATC-CIS) vid SHAPE
- *Battlefield Information Collection and Exploitation System* (BICES)
- *Battlefield Surveillance and Identification*

2.1.11 Tactical Communications for Land Combat Zone post-2000

En används sju olika nationella taktiska radiosystem som alla saknar möjlighet att direktkommunicera med varandra. De gränssnitt som har utvecklats för att överbrygga de olika näten är dyrbara, sårbara och rigida. De har också krävt lång utvecklingstid. För taktisk kommunikation i framtiden (efter år 2000) behöver en gemensam standard utarbetas. Det är också väsentligt att ta hänsyn till behovet av kopplingar till marinens, amfibiestyrkornas och flygstyrkornas nät.

2.1.12 Allied Tactical Command and Control Infrastructure Systems (ATCCIS)

Det övergripande syftet med ATCCIS-programmet är att åstadkomma interoperabilitet i form av möjlighet till direkt datautbyte från databas till databas mellan nationella taktiska C2-system för markstyrkor.

Studien, som bearbetar frågan hur man skall kunna uppfylla framtida kommunikations- och samverkanskrav till väsentligt lägre kostnad än tidigare, påbörjades 1984. I fas 2, som pågick från 1985 till 1990, framställdes en definition av ett operativt och ett tekniskt koncept. Den avslutande fas 3 har fyra mål:

- harmonisering av operativa informationer och data
- specificering av standarder för interoperabilitet
- validering (demonstration) av harmoniseringsansträngningarnas effektivitet
- utveckling av en strategi för interoperabilitet som anger implementeringsalternativ och fastslår en modell för samverkan

2.1.13 Battlefield Information Collection and Exploitation System (BICES)

Detta program formulerades i början av 80-talet som resultat av realiserbarhetsstudier rörande behov och möjligheter för datafusion inom NATO. Programmets grundläggande mål är fortfarande att åstadkomma gemensam underrättelseinformation härrörande från ett antal olika källor och distribuera denna till militära beslutsfattare inom NATO och dess medlemsnationer.

Arbetet bedrivs nu i ett antal projekt med olika tidsperspektiv. Kortsiktigt bedrivs ett antal studier och försök för att utveckla en första generation av automatiserat stöd till underrättelseoperationer inom *Allied Command Europe (ACE)*. Ett *Prototype ACE Intelligence System (PAIS)* har utvecklats vid SHAPE Technical Centre och utgör mall för den funktionalitet för underrättelsehantering som skall ingå i *BICES Initial Core Capability*. Offerter rörande denna första nivå av BICES har nyligen infordrats.

Baseline är den redan existerande funktionaliteten som utgör utgångspunkten för utvecklingen av BICES. *Target Architecture* är en serie interimsversioner som realiseras i sekvens för leverans enligt en fastställd tidsplan. *Objective Architecture* är de långsiktiga målen för BICES som härrör från såväl redan etablerade som successivt identifierade krav.

Den första versionen av Target Architecture syftar till konnektivitet på sekretessnivån Secret mellan NATO och de deltagande ländernas högsta staber och försvarsdepartement.

Detta system består av en uppsättning "gateways" som utnyttjar kommersiell teknologi och därför har en jämförelsevis låg kostnad. Det största problemet som måste lösas är behörighets- och sekretesskontrollen, som hanteras av särskilt utsedda arbetsgrupper och organisationer.

I version 2 av Target Architecture kommer funktionaliteten att utökas med bl a informationssökningsfaciliteter och nationella bidrag till systemets databaser. Man försöker också få med utvidgningar av BICES funktioner till taktisk nivå.

2.1.14 Airborne Ground Surveillance capability

En utredning som arbetat sedan 1993 har studerat hur NATO skulle kunna uppfylla uppställda krav på markspaningskapacitet från luften. Dessa krav fokuseras på behovet av tillförlitlig och snabbt tillgänglig information avsedd att stödja effektivt utnyttjande av NATO:s styrkor samt politiskt-militärt beslutsfattande. Studien analyserade ett antal alternativa lösningsförslag, bland dem system baserade på det amerikanska JSTARS, det engelska ASTOR, det italienska CRESO och det franska HORIZON. De två sistnämnda systemen är helikopterbaserade. Olika radarsystem studerades också. Studiens slutsats var att ett framtida NATO-system inte kunde baseras på sammanknytning av nationella system. Istället föreslogs upprättande av ett särskilt projektkontor som skulle framställa implementerings-, kostnads- och anskaffningsplaner för ett nytt system. Förslaget har antagits.

2.1.15 Combat Identification capability

Ett svårt problem som aktualiserades under Gulfkriget är frågan om automatisk identifiering av egna och allierade styrkor. Inom NATO har en överenskommelse träffats som innebär att amerikanska kortsiktiga och medellångsiktiga lösningar skall tillämpas vid internationella operationer till dess att mer permanenta system finns att tillgå (bortom år 2000).

2.2 Storbritannien

2.2.1 Battlefield Artillery Target Engagement System

Battlefield Artillery Target Engagement System (BATES) skall ge Storbritanniens artilleri ett C2-system som kan ge stöd till en rad aktiviteter:

- taktisk C2
- underrättelsesamordning och distribution
- elduppslagsledning
- pjästeknik
- logistikstyrning
- sambandsstyrning
- ABC-varning och rapportering

Systemet, totalt 900 noder, skall levereras till artilleriet under 1995. Acceptanstester har genomförts.

Maskinvaran i systemet består av tre modultyper:

- processenhet
- datainsamlingsenhet för eldledare m fl, innehållande tangentbord, GPS och radio-kommunikation
- presentationsenhet

Kommunikation med sensorenheter är under utveckling (COBRA slagfältsradar, längre fram ASTOR flygburen övervakningsradar). Systemet är även kopplat till meteorologiska mätstationer av aktiv och passiv typ (AMETS, BMETS). Obemannade spaningsfarkoster (PHOENIX) kan också anslutas.

2.2.2 Automatisk detektion och mållåsning

Automatisk detektion och mållåsning är idag en mogen teknologi för användning i pansarfordon. Denna teknik ger högre vapenprestanda, kan hantera multipla hot och bibehålla sin förmåga under komplexa stridsförhållanden. Därför är tillgång till system för automatisk detektion och mållåsning ett nyckelkrav på moderna pansarfordon.

Tekniken ger följande fördelar:

- mål kan spåras även i situationer med stark operatörsbelastning
- snabbrikliga mål kan spåras med bredbandiga system
- den ökade räckvidden hos moderna attackvapen kan motverkas
- mållåsning kan upprätthållas även mot mål som gör undanmanövrer i situationer med mycket störningar
- mållåsning kan upprätthållas även då skenmål och maskering utnyttjas

2.2.3 Militära kommunikationssatelliter

Militära kommunikationssatelliter erbjuder stora fördelar men också ett antal problem som bärare av sambandskapaciteten för det digitala slagfältet. Bland nackdelarna finns:

- höga investeringskostnader
- sårbarhet
- höga krav på systemstyrning för att uppnå goda prestanda
- vågutbredningseffekter kan ge problem

Fördelar:

- kort initieringstid
- bredbandiga länkar
- hög kapacitet
- dygnet-runt-funktion

- nära global täckning
- samband mellan enheter på slagfältet likaväl som samband mellan slagfältet och hemmabasen

Hög tillgänglighet och överlevnad kräver system med stor redundans och möjlighet till snabb omkoppling. Det finns också en klar motsatsställning mellan tillgänglighet och bandbredd: mycket hög tillgänglighet kan bara uppnås vid låg dataöverföringstakt.

I framtiden kommer satellitkommunikation att erbjuda:

- högre kapacitet och datatakt
- kortare upp- och nedkopplingstider
- mer integrerad central nätstyrning
- högre autonomi för användarnät
- ökad flexibilitet vid allokering av användare till kommunikationslober
- större tålighet
- mindre
- markstationer

2.3 Australiens AUSTACCS

AUSTACCS är en integrerad samling programvaruapplikationer och maskinvaror som erbjuder stöd till beslutsfattare och staber vid hantering av information, hjälp att upptäcka och förstå problem samt distribuera order snabbare och effektivare än som är möjligt med manuella metoder. Systemet är avsett för användning inom och mellan högkvarteren för landburna styrkor i den australiensiska armén, och det kommer att utgöra grunden för ett framtida ledningsstödsystem för alla ledningsnivåer.

Systemet som är under utveckling vid CelsiusTech sedan 1993 levererades i sin första version under 1996. Det kan vara intressant att känna till att systemspecificeringen som föregått implementeringsfasen, ägde rum i tre etapper under åren 1984-92, och att utvecklingen därmed sträcker sig över mer än ett decennium. Å andra sidan tycks man i Australien tidigare än på andra håll ha insett att ledningssystem inte med framgång kan utvecklas som en serie separata specialistsystem, utan att det är nödvändigt att strukturera det som ett enhetligt, integrerat ledningsstödsystem.

En detalj värd att nämna är att man inte längre talar om AUSTACCS som ett "command and control system" utan som ett "command support system". Därmed vill man markera att chefer leder och datorer ger stöd.

Andra grundstenar i AUSTACCS är:

- systemet automatiserar hanteringen av lägeskartor eftersom kartor är grundläggande för militär ledning
- systemet skall kunna fånga upp data från källor på lägsta nivå

- systemet skall kunna fortsätta att fungera lokalt (t ex inom en brigadstab), när externa kommunikationer slutat att fungera; därför måste arkitekturen baseras på distribuerade databaser med minimal duplicering av information
- systemet skall kunna fungera även vid nedsatt sambandskapacitet
- systemet skall vara kompatibelt med det manuella system som används idag, och det måste tillåta successiv återgång till manuella rutiner i den takt som komponenter i systemet slutar att fungera
- användargränssnittet måste vara lätt att använda, kräva minimal utbildning och efterlikna välkända manuella procedurer
- systemet måste vara lätt att sätta i drift
- användarinflytande är väsentligt under alla skeden av utveckling och anskaffning av systemet

För att få ut största möjliga nytta av AUSTACCS-satsningen har den australiensiska armén deklarerat att AUSTACCS är dess ledande informationsteknologiprojekt. Detta gäller för alla framtida system, antingen de är administrativa eller operativa. Det första större projekt som följer AUSTACCS arkitekturstandard är *Army Corporate Manpower Information System*.

Nyckelbegreppet i AUSTACCS arkitektur är *Army Tactical Electronic Office* (TEO). TEO-iden utvecklades ur iden om ett kommersiellt elektroniskt kontor och består av en uppsättning standardiserade maskin- och programvaror som tillhandahåller de gemensamma tjänster som behöver finnas att tillgå i en militär stab eller kontorsmiljö.

2.3.1 Basverktyg

Nuvarande version av AUSTACCS använder Applixware kontorsprogramvara, Ingres relationsdatabassystem och Genasys geografiska informationssystem.

Här ingår bl a elektronisk post, ordbehandling, ritprogram, kalkylprogram, lägeskartor, datatabeller, loggning och registrering, uppföljning av planerade meddelanden och dokumentläsning.

2.3.2 Stabsverktyg

För att stödja de olika stabsspecialiteterna innehåller AUSTACCS stödsystem för taktisk operationsledning, underrättelser, artilleri, luftförsvarsledning och underhåll/personal.

Speciella informationssystemprojekt, t ex *Field Artillery Computerised Control System* (FACCS), planeras bli integrerade med AUSTACCS. Skillnaden mellan dessa specialsystem och motsvarande stabssystem är att de förra fokuserar på genomförande, de senare på planering.

2.3.3 Maskinvara

Tre nivåer för maskinvaran skall specificeras, från kraftfulla system för användning i kontorsmiljö eller fältstabsmiljö, via mobila system för användning i fordon, till enkla handburna meddelandeterminaler.

2.3.4 Infrastruktur

Den australiska armén har konstaterat att nyttan med ett system som AUSTACCS är avhängigt av att det ingår i en infrastruktur för kommunikation, där projekten *Parakeet Tactical Trunk*, *Raven Combat Net Radio System* och *Discon* är grundstenar.

Bilaga 3: Ordlista om datafusion

Urval: Ordlistan innehåller termer, som förekommer i militära och akademiska sammanhang under 1990-talet och som nyttjas i eller har en koppling till områden kring datafusion och den taktiska underrättelseprocessen. Engelska termer beskrivs under ett särskilt kapitel.

Indelning: Ordlistan är uppdelad i följande separata kapitel:

- Termer om datafusion och underrättelsetjänst
- Engelska termer med översättning
- Akronymer - engelska och svenska
- Källor

Inom parantes anges bl a källa (se sista kapitlet i bilagan)

3.1 Termer om datafusion och underrättelsetjänst

Tabell 5. Termer om datafusion och underrättelsetjänst

Term	Förklaring
adaption	datafusion nivå 4, se resursadaption
aerostater	förankrade luftskeppsliknande ballonger på ca 6000 meters höjd som bär avancerade, elektroniska övervakningssensorer
aggregera	gruppera, sammanfatta (motsats: disaggregera)
datafusion	en kategori informationsbehandlingsprocesser där osäker, ofullständig och motstridande information från olika källor slås samman för att ge en mer komplett och mindre osäker översikt över ett aktuellt problem baserat på hela informationsmaterialet. Datafusion spänner över ett stort område, från multisensordatafusion (nivå 1), över situationsanalys (nivå 2), hotanalys (nivå 3) och adaption (nivå 4) med koppling till beslutsstöd och AI-tillämpningar.
digitala slagfältet	en term under 1990-talet som beskriver informationsteknikens inverkan på utvecklingen av system för stridsteknisk och taktisk ledning samt för eldledning. Syfte: att ge beslutsfattare på olika nivåer en tydlig bild av sitt stridsrum som stöd för såväl planering som genomförande och uppföljning av striden. Vidare skall spanings-, vapen- och ledningsfunktionerna förbättras vad gäller främst upptäcktsförmåga, precision och snabbhet. (källa: TSS)
disaggregera	sönderdela, återupplösa - återskapa delar till en sammanfattning, motsats till aggregera
doktrin	lära eller lärosats avsedd att styra det praktiska handlandet (NE)
hotanalys	datafusion nivå 3: analyserar risker och möjligheter för de egna styrkorna att möta motståndaren på ett effektivt sätt
informationsfusion	motsvarar datafusionens nivå 2-4: situationsanalys, hotanalys och adaption
informationskrigföring	användning av information i krigföring och användning av informationsbaserade vapen
intermittent	ojämn, oregelbunden

Tabell 5. Termer om datafusion och underrättelsetjänst

Term	Förklaring
IPB-processen	en systematisk, under ett stridsförlopp ständigt pågående analytisk process där omgivning och hot i ett angivet område analyseras. Processen är utformad för att stödja stabens bedömningar och beslutsprocesser. 4 steg: - definiera slagfältsmiljön, - beskriv miljöns påverkan på slagfältet, - värdera hotet, - bedöm fiendens handlingsmöjligheter
ledning	ledning i svensk militär bemärkelse innefattar processer som målidentifiering, uppgiftstilldelning och resursallokering, och utgör det område där förståelse av stridsrummet förvandlas till uppgifter och uppdrag som är avsedda att påverka, kontrollera och dominera detta stridsrum.
Moore's lag	IT-utvecklingens fördubblingstid om c:a 18 månader (efter 1970)
multisensordatafusion	datafusion nivå 1: att uppnå större robusthet, precision och överblick från sensorsystemen genom att i realtid kombinera information från flera sensorer, ofta baserade på olika slags sensorteknik, i ett integrerat system.
operation (militär)	en serie samordnade förflyttningar och strider med utnyttjande av samverkande mark-, sjö- och luftstridskrafter, understödda av civila resurser för att uppnå ett operationsmål eller operativt syfte (benämndes förr fälttåg) (källa: NE)
operationsområde	ett geografiskt område motsvarande ungefär ett av Sveriges tre militärområden inklusive sjö- och lufttrum (källa: NE)
operationsverk	planer för krigsfall
operativ doktrin	uttalar avsikter hur operationer avses föras i krig (i termer av operationsfrihet, luft- och sjöherravälde, gräns-, kust- och luftinvasion, perifer-, skal-, djup- och ytförsvaret)
operativ ledning	i Sverige utövas under ÖB av militärbefälhavarna
reaktiv planering	fortlöpande omplanering i realtid av mer eller mindre komplexa uppgifter
redundans	(informationstekniskt) meddelanden som kan tas bort utan att informationen går förlorad (källa: NE)
resursadaptation	datafusion nivå 4, (om)styrning av resurser för att nå ett givet mål
situationsanalys	datafusion nivå 2: identifiera den situation som har orsakat observerade data och händelser
taktik	läran om användning av militära förband för att i strid nå en lokal framgång. Grundas på vapenverkan, rörelse och skydd som kombineras i termen stridsteknik. Principer: överraskning, kraftsamling, handlingsfrihet. Försättnings: underrättelsetjänst och bra ledning. Uppdragstaktik: chefen detaljstyr ej medel och metoder (i motsats till kommandostyrd taktik) (källa: NE, Smedberg)
strategi	läran om användningen av militära eller andra maktmedel för att i kamp med en motståndare nå politiska mål, såväl krigsmål som andra mål som fred, neutralitet, reglerade maktförhållanden. Termen motsvarar sammanställningar som total, stor eller högre strategi till skillnad från militär strategi ~ operativ strategi. Medel: militära resurser + produktionsapparat för dessa (källa: NE)
strategisk doktrin	försvarsdoktrin, skall underlätta ledning och samordning
underrättelsecykelns faser	4 faser: inriktning, insamling, produktion, delgivning
underrättelsetjänst	verksamhet för att inhämta, bearbeta och delge information som underlag för beslut på olika nivåer för framtida agerande (källa: NE)

Tabell 5. Termer om datafusion och underrättelsetjänst

Term	Förklaring
underrättelsetjänst på operativ och taktisk nivå	syftar till att klarlägga motståndarens dispositioner och handlingsmöjligheter, styrka och svaghet i stridsområdet via jägarförband, ubåtar, spaningsflyg, radio- och radarspaning
underrättelsetjänst på strategisk nivå	syftar till att katlägga främmande makts förhållanden och handlingsmöjligheter och bedöma händelseutvecklingen. Den omfattar militära, politiska, ekonomiska, etniska och religiösa förhållanden och inhämtas från öppna och hemliga källor. Öppna källor, exempel: radio, TV, press, elektroniska databaser. Hemliga källor, exempel: agenter, satelliter, avlyssning av hemlig radiotrafik. Beskickningsrapporter. (källa: NE)

3.2 Engelska termer

Tabell 6. Engelska termer och uttryck

Term	Förklaring
cueing	instyrning
digital battlefield	digitala slagfältet
dominant battlespace knowledge	amerikanskt kunskapsöverläge, 'växande gap mellan USAs militära förmåga och vilken som helst motståndares beträffande medvetande och förståelse av allt som har militär betydelse på alla arenor där en konflikt kan tänkas utspelas', jämför DBA (källa: W Owens)
Force XXI	US Army's sammansmältning av informationsteknologin med konsten att integrera doktrin och organisation, och leda till optimalt utnyttjande av vår kvalitetspersonal. Nyckelord: utslagningsförmåga, överlevnadsförmåga, operationstempo
fuzzy logic	oskarp logik
intelligence	underrättelseinhämtning
intelligent hybrid systems	integration av olika datafusionsmetoder till system som har förmåga till både resonemang och inlärning
Joint Vision 2010	USA försvarsdepartementets samlade framtidsvisioner under 1990-talet
Judy	namn på simuleringssystem hos konsultföretaget SAIC
management of uncertainty	akademisk forskningsområde som utvecklar teori och metodik för att hantera osäker information
mutual assured destruction (MAD)	principen för terrorbalans i kraft av strategiska kärnvapen
order of battle	förhandslagrad information om fientliga enheters hierarkiska organisation
precision force	ett begrepp som innefattar precisionsstyrda vapen, snabbhet och precision vid användning av alla slags styrkor
reconnaissance	spaning
revolution in military affairs	uttryck myntat av William Owens som syftar till paradigmbrytning inom US försvarsmakt, se kapitel 1.1
sensor-to-shooter	integrerat synsätt vid uppbyggnad av försvarssystem enligt idén om det digitala slagfältet
surveillance	övervakning

Tabell 6. Engelska termer och uttryck

Term	Förklaring
templates	mallar, ofta datorbaserade, exempel: doktrinmall, situationsmall, händelsemall, beslutsmall
threat evaluation	hotbedömning (i datafusion)
threat integration	i IPB: samordning av hotbedömning med geografi och väder

3.3 Akronymer

Tabell 7. Akronymer

Akronymer	Beteckning och sammanhang
AA	Avenue of Approach (IPB-processen)
ABCS	Army Battle Command System (överordnat ASAS inom US Army)
ACE	Analysis and Control Element, analyscentraler inom ASAS
AdatP3	NATOs standardformat för struktur och lagring av rapporter/meddelanden
AI	Area of Interest (IPB-processen) eller Artificial Intelligence
AO	Area of Operation (IPB-processen)
ASAS	All-Source Analysis System, pågående US Army program för att automatisera bearbetning och analys av underrättelsesdata från alla källor
ATCCIS	NATO Allied Tactical Command and Control Infrastructure System
ATCCS	Army Tactical Command and Control System (USA)
ATLE	Försvarsmaktsprojekt Arméstridskrafternas Taktiska Ledningssystem
AUSTACCS	integrerad samling programvaruapplikationer och maskinvaror som erbjuder stöd till beslutsfattare och staber vid hantering av information, hjälp att upp täcka och förstå problem samt distribuera order snabbare och effektivare än som är möjligt med manuella metoder (levereras av CelsiusTech till Australien)
BATES	Battlefield Artillery Target Engagement System - brittiskt C2-system för artilleriet från 1995
BICES	NATO projekt Battlefield Information Collection and Exploitation System
BIS	svensk militär chefs "beslut i stort"
BITS	Battlefield Information Transmission System
C2	Command and control
C3I	Command, control, communications and intelligence
C4I	Command, control, communications, computer applications, and intelligence
COA	Course of Action (IPB-processen)
COMINT	Communications Intelligence
CTS	Celsius Tech Systems, företag inom svensk vapenindustri
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency - driver US DoD forskningsprogram
DBA	Dominant Battlespace Awareness - informationsöverlägsenhet med en något lägre ambition än Dominant Battlespace Knowledge
DERA	Defence Evaluation and Research Agency, Storbritanniens militära forskningsorganisation

Tabell 7. Akronymer

Akronymer	Beteckning och sammanhang
DoD	United States Department of Defence
DP	Decision Point (IPB-processen)
DREV	Defence Research Establishment Valcartier - en del av Kanadas försvarsforskningsorganisation
ELINT	Electronic Intelligence
EUCLID	EUropean Cooperation for the Long term In Defence - europeiskt försvarsforskningsprogram inom WEAG, Western European Armaments Group
FM	Field Manual (inom US Army) eller Försvarsmakten i Sverige
GCCS	Global Command and Control System - standard i USA
GRACE	Grouping for Research into Advanced C3I for Europe - konsortium inom EUCLID-programmet
HPT	High-Payoff Target (IPB-processen)
HVT	High-Value Targets (IPB-processen)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
IEW	Intelligence and Electronic Warfare
IK/POS system	igenkännings- och positionsbestämningssystem (svensk beteckning)
IMINT	Image Intelligence
IPB	Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB-processen)
IR	Information Requirement (IPB-processen) eller InfraRed
IPSM	Intelligence Synchronization Matrix (IPB-processen)
IT	Informationsteknik
JDL-modellen	En kommitté tillsatt av Joint Directors of (DoD) Laboratories, Data Fusion Subgroup, har skapat den övergripande JDL-modellen för datafusionsprocessen
LC	Line of Contract (IPB-processen)
LOC	Line of Communication (IPB-processen)
LOS	Line of Sight (IPB-processen)
MoS	Modellering och Simulering
MTI	Moving Target Indicator - sensor
NAI	Named Area of Interest (IPB-processen)
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NIIRS	National Imagery Interpretability Rating Scales
OB	Order of Battle (IPB-processen)
PIR	Priority Intelligence Requirement (IPB-processen) - underrättelsefråga
SAIC	amerikanska konsultföretag som specialiserat sig på att sälja kunskaper och studier till US Department of Defense. 1998 genomförde de på svenskt uppdrag studien 'Dominant Battlespace Awareness for the Swedish Armed Forces 2020'
SAR sensorer	Synthetic Aperture Radar - ett slags bildalstrande radarsensorsystem
SIGINT	Signal Intelligence
SIR	Specific Information Requirement (IPB-processen)
SOR	Specific Order of Request (IPB-processen)
TAA	Tactical Assembly Area (IPB-processen)

Tabell 7. Akronymer

Akronymer	Beteckning och sammanhang
TAI	Tactical Area of Interest (IPB-processen)
TAS	Timeline Analysis System, en samling beslutsstödsverktyg för lagring, hantering och presentation av underrättelsesdata, särskilt händelser
TOC	Tactical Operations Center (inom ABCS)
TSGCE	NATO projekt Tactical Communications for Land Combat Zone efter år 2000
TTP	Tactics, Techniques and Procedures (IPB-processen)
UAV	Unmanned Aerial Vehicles, luftburen spaningsrobot
UCLA	University of California, Los Angeles
UGS	Unattended Ground Sensors
VBS	verksamhetsbaserad modul enligt Försvarmaktens Handbok Informationsteknik (HIT)
VR	Virtual Reality - virtuell verklighet

3.4 Källor

Tabell 8. Ordlistans källor

Beteckning	Förklaring
DoD Dictionary of Military Terms	På Internet adress http://www.dtic.mil/doctrine/jel/doddict/ fanns 1998-02 utdrag ur Joint Publication 1-02, "DOD Dictionary of Military and Associated Terms."
NE - Nationalencyklopedin	den svenska nationalencyklopedin om 20 band, utgiven under perioden 1989 - 1996
Smedberg	Smedberg Marco, Rimstrand T: 'Om stridens grunder - från Waterloo till kryssningsrobotar', 1994
TSS	Teknisk-Strategisk Studie av 'Det digitala slagfältet', TSS/DigS, 1996

Lista över forskningsgruppens rapporter

Här presenterar vi forskningsgruppens samlade publikationer (inklusive examensarbeten) sedan 1986 i omvänd kronologisk ordning:

Schubert, J., Simultaneous Dempster-Shafer Clustering and Gradual Determination of Number of Clusters Using a Neural Network Structure, i *Proc. Information, Decision and Control* (IDC'99), Adelaide, 8-10 February 1999, antaget bidrag.

Jönsson, L., Neider, G., Schubert, J., och Svensson, P., Informationsfusion i den taktiska underrättelseprocessen, FOA-R--98-00902-505--SE, Avdelningen för Lednings-systemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1998.

Schubert, J., A Neural Network and Iterative Optimization Hybrid for Dempster-Shafer Clustering, i *Proc. EuroFusion98 Int. Conf. Data Fusion*, 29-36, (M. Bedworth, and J. O'Brien, Eds.), Great Malvern, 6-7 October 1998. DERA, Malvern, UK, 1998.

Svensson, P., Archipelagic ASW - a Difficult Enterprise in Need of Holistic Approaches, i *Proc. Int. Conf. Multisource-Multisensor Information Fusion* (FUSION'98), 410-417, (H. R. Arabnia, and D. Zhu, Eds.), Las Vegas, Nevada, 6-9 July 1998. CSREA Press, 1998.

Schubert, J., Fast Dempster-Shafer Clustering Using a Neural Network Structure, i *Proc. Seventh Int. Conf. Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems* (IPMU'98), 1438-1445, (B. Bouchon-Meunier, and R. Yager, Eds.), Paris, France, 6-10 July 1998, Editions EDK, Paris, 1998.

Jöred, K., och Svensson, P., Submarine Tracking in Archipelagic Anti-Submarine Warfare: a Not-So-Impossible Proposition?, i *Proc. Undersea Defence Technology Europe 98* (UDT Europe 98), (P. Tyrell, Ed.), London, UK, 23-25 June 1998. Nexus Media Ltd, Swanley, UK.

Bråmås, Å., Fransson, J., Jöred, K., och Schubert, J., Datafusionsmetoder för sammanställning och analys av underrättelsesdata - En förstudie, FOA-R--98-00698-505--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1998.

Alm, I., Eriksson, E. A., Lindgren, T., Odar, S., Sköld, S., och Svensson, P., Ny systemarkitektur för evolutionär utveckling av lednings- och informationssystem för försvaret. En förstudierapport inom projektet Systemarkitektur, FOA-R--98-00673-505--SE, Avdelningen för Försvarsanalys, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

Schubert, J., Analys och prediktering med osäkra data ur det geografiska rummet, i *Dokumentation av ULIs höstmöte* (ULI'97), Session 5:3, Linköping, Oktober 22-23, 1997, ULI, 1997.

Johansson, K., Jöred, K., och Svensson, P., Submarine tracking using multi-sensor fusion and reactive planning for the positioning of passive sonobuoys, i *Proc. Hydroakustik 1997*, (N. Hörnqvist, and E. Norrbrand, Eds.), Session: Sensors, Stockholm, September 9-10, 1997, FOA-R--97-00552-409--SE, Avdelningen för Styrning, material och undervattenssensorer, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

Bergsten, U., Schubert, J., och Svensson, P., Applying Data Mining and Machine Learning Techniques to Submarine Intelligence Analysis, i *Proc. Third Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'97)*, 127-130, Newport Beach, USA, August 14-17, 1997, The AAAI Press, Menlo Park, 1997.

Schubert, J., Creating Prototypes for Fast Classification in Dempster-Shafer Clustering, i *Qualitative and Quantitative Practical Reasoning*, (D.M. Gabbay, R. Kruse, A. Nonnengart, and H.J. Ohlbach, Eds.), *Proc. First Int. Joint Conf. (ECSQARU-FAPR'97)*, 525-535, Bad Honnef, Germany, June 9-12, 1997, Springer-Verlag (LNAI 1244), Berlin, 1997.

Neider, G., Ubåtsföljning med passiva sonobojar, FOA-R--97-00447-505--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1997.

Johansson, K., och Svensson, P., Submarine Tracking by Means of Passive Sonobuoys. II. Position Estimation and Buoy Deployment Planning, FOA-R--97-00440-505--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1997.

Wahlstedt, A., Fredriksson, J., Jöred, K., och Svensson, P., Submarine Tracking by Means of Passive Sonobuoys. I. Design of a Simulation Model and System, FOA-R--96-00386-505--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1997.

Schubert, J., Prediktion av främmande ubåtars framtida position, FOA-R--96-00296-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1996.

Jönsson L., Sensorer och UAVer med fokus på spaning för en armebrigad, FOA-R--96-00300-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1996.

Neider, G., Simulerade incidentrapporter från ubåtsjakt, FOA-R--96-0295-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1996.

Schubert, J., Specifying Nonspecific Evidence, *Int. J. Intelligent Systems* **11**(8), 525-563, 1996.

Schubert, J., On Rho in a Decision-Theoretic Apparatus of Dempster-Shafer Theory, *Int. J. Approximate Reasoning* **13**(3), 185-200, 1995.

Redovisning av FMV-uppdrag - Systemvärdering, Jönsson Lena (projektansvarig) FOA-D--95-00158-3.4--SE

Mojtahed, V., och Moradi, F., Automatisk generering av grafiskt användargränssnitt till kommandostyrda dataanalyssystemet Cantor m.h.a. TeleUSE, FOA-R--95-00172-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1995.

Schubert, J., Cluster-based Specification Techniques in Dempster-Shafer Theory for an Evidential Intelligence Analysis of Multiple Target Tracks (Thesis Abstract), *Australian J. Intell. Inf. Proc. Syst.* **2**(1), p. 70, 1995.

- Schubert, J., Cluster-based Specification Techniques in Dempster-Shafer Theory, in *Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning and Uncertainty* (C. Froidevaux, and J. Kolas, Eds.), i *Proc. European Conf. (ECSQARU'95)*, 395-404, University of Fribourg, Switzerland, July 3-5, 1995, Springer-Verlag (LNAI 946), Berlin, 1995.
- Schubert, J., Finding a Posterior Domain Probability Distribution by Specifying Nonspecific Evidence, *Int. J. Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* **3**(2), 163-185, 1995.
- Schubert, J., Cluster-based Specification Techniques in Dempster-Shafer Theory for an Evidential Intelligence Analysis of Multiple Target Tracks (Thesis Abstract), *AI Communications* **8**(2), 107-110, 1995.
- Sjöberg, F., Index och åtkomstmetoder för spatiella databaser - En litteraturstudie, FOA-R--95-00115-3.4--SE, Avdelningen för Ledningssystemteknik, Försvarets forskningsanstalt, Linköping, 1995.
- Jönsson L., Roldan-Prado R., Analys av radarvarnarsdata med tonvikt på associering av sensorrapporter, FOA C 30751-3.4, 1994
- Schubert, J., Cluster-based Specification Techniques in Dempster-Shafer Theory for an Evidential Intelligence Analysis of Multiple Target Tracks, Ph.D. Thesis, TRITA-NA-9410, Royal Institute of Technology, Sweden, 1994, ISRN KTH/NA/R--94/10--SE, ISSN 0348-2952, ISBN 91-7170-801-4.
- Fristedt, E., Algoritmer för geometriska beräkningar på enkelt slutna polygoner, baserade på konvex uppdelning, FOA Rapport C 20930-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Sundbyberg, Oktober 1993.
- Bergsten, U., and Schubert, J., Dempster's Rule for Evidence Ordered in a Complete Directed Acyclic Graph, *Int. J. Approximate Reasoning* **9**(1), 37-73, 1993.
- Schubert, J., On Nonspecific Evidence, *Int. J. Intelligent Systems* **8**(6), 711-725, 1993.
- Schubert, J., A Blurred Focal Elements Generalization of Dempster's Rule, FOA Report C 200938-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Sundbyberg, August 1993.
- Huang, Z., and Svensson, P., Neighborhood query and analysis with GeoSAL - a spatial database language, *Proc. Third Large Spatial Database Symposium*, Singapore, 1993.
- Svensson, P., och Schubert, J., Dataanalys och datafusion för underrättelsebearbetning och beslutsstöd, FOA Rapport A 20054-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Sundbyberg, Juni 1993.
- Schubert, J., Multiple Target Tracks in Evidential Intelligence Analysis, L.Eng. Thesis, TRITA-NA-9305, Royal Institute of Technology, Sweden, 1993, ISBN 991-640094-6.
- Schubert, J., *et al.*, Delprojekt 7 Beslutsstöd i GIS, i *IT-GIS Geografiska Informationssystem Slutrapport*, IT-GIS, Stockholm, 1992.
- Grape, P., and Waldén, K., Automating the Development of Syntax Tree Generators, i *Proc. 1992 Conf. Technology of Object-Oriented Languages and Systems (TOOLS USA'92)*, 1992.
- Huang, Z., Svensson, P., and Hauska, H., Solving Spatial Analysis Problems with GeoSAL, a Spatial Query Language, i *Proc. Sixth Int. Working Conf. Scientific and Statistical Database Management*, Ascona, 1992.
-

Elg, R., Sökgraf för kortaste vägen, FOA Rapport C 20891-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Juni 1992.

Andersson, P., och Sjölander, R., Förklaringsgenerering med hjälp av Glenn Shafers och Arthur P Dempsters evidensteori, FOA Rapport C 20867-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Januari 1992.

Andersson, G., User's Guide to CANTOR. Part II: Graphical Output, FOA Report C 20865-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, January 1992.

Svensson, P., and Huang, Z., Geo-SAL - a Query Language for Spatial Data Analysis, i *Advances in Spatial Databases* (O. Gunther and H.-J. Schek, Eds.), Springer-Verlag (LNCS 525), Berlin, 1991.

Svensson, P., and Neider, G., User's Guide to CANTOR - A Data Analysis System Based on the Relational Model. Version 1.2, FOA Report C 20842-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, May 1991.

Friman, B., and Sandberg, U., X-System User's Manual. Version 3.0, FOA Report C 20810-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, September 1990.

Hagwall, K., Metoder för beräkning av kortaste vägen mellan två punkter i planet med hänsyn till hinder i form av disjunkta, enkelt slutna polygoner, en litteraturöversikt, FOA Rapport C 20798-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Maj 1990.

Fransson J., Jönsson L., Lindgren T., Klassificering av varnardsdata - underlag, FOA C 30571-8.3, 3.4, 1990

Schubert, J., (Red.), Delprojekt informationssystem inom huvudprojekt ubåtsskydd - Slutrapport, FOA Rapport A 20046-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, April 1990.

Rozén, U., (Ed.), User's Guide to Groda - a Graphic Utility for Cantor, FOA Report C 20767-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, October 1989.

Bergsten, U., Schubert, J., och Svensson, P., Beslutsstödssystemet DEZZY - En översikt, i *Dokumentation 7 juni av Seminarium och fackutställning om samband, sensorer och datorer för ledningssystem till försvaret (MILINF'89)*, Försvarets materielverk, Enköping, 5-9 juli 1989, 07B2:19-07B2:31, Telub AB, Växjö, 1989.

Koistinen, J., Vidareutveckling och provning av X-systemet ett programsystem för dynamisk definition av kommandospråk, FOA Rapport C 20750-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Mars 1989.

Andersson, M., and Svensson, P., A Study of Modified Interpolation Search in Compressed, Fully Transposed, Ordered Files, i *Statistical and Scientific Database Management* (Rafanelli, Klensin, and Svensson, Eds.), Springer-Verlag (LNCS 339), Berlin, 1988.

Svensson, P., Database Management Systems for Statistical and Scientific Applications: Are commercially available DBMS good enough?, i *Statistical and Scientific Database Management* (Rafanelli, Klensin, and Svensson, Eds.), Springer-Verlag (LNCS 339), Berlin, 1988.

Andersson, M., Användning av interpolationssökning vid boxesökning i komprimerade, fullständigt transponerade, ordnade filer, FOA Rapport C 20717-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Juni 1988.

Rykatkin, M., Menystyrning av databashanteraren Cantor, FOA Rapport C 20716-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Juni 1988.

Heimdahl, M., Direkt manipulation vid en arbetsstation - programmeringserfarenhet från ett Apollosystem, FOA Rapport C 20701-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Februari 1988.

Jansson, L., Presentation av kartinformation på bildskärm, FOA Rapport C 20687-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, December 1987.

Jönsson L., Syren, ett pilotprojekt vid FOA 3 för studier av beslutsstöd vid motmedelsinsatser, FOA C 30452-3.3, 3.4, 1987

Svensson, P., Creative Research and Product Development in Software Projects: The Cantor Experience, i *Experience with the Management of Software Projects* (P. Elzer, Ed.), Pergamon Press, 1987.

Stjernberg, M., Användning av relationsdatabassystemet Cantor för bearbetning av geografisk information, FOA Rapport C 20627-2.7, Huvudavdelning 2, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm, Oktober 1986.

Karasalo, I., and Svensson, P., The Design of Cantor - a New System for Data Analysis, i *Proc. Third Int. Workshop Statistical Data Base Management*, Luxemburg, July 24-26, 1986.
