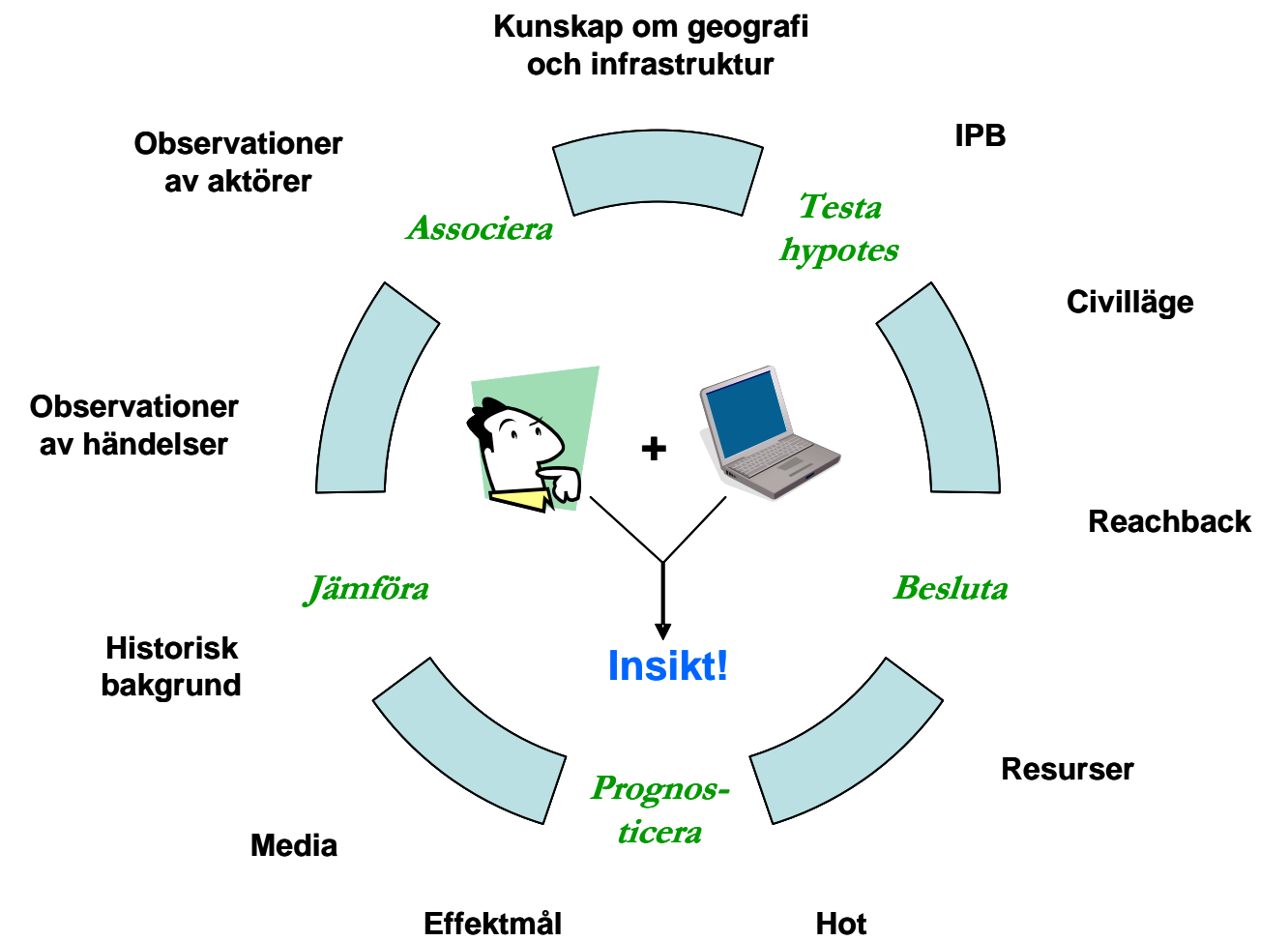


PONTUS HÖRLING, KATARINA JOHANSSON, BIRGITTA KYLESTEN,  
CHRISTIAN MÅRTENSON, JOHAN SCHUBERT, ROBERT SUZIC, PONTUS SVENSON



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1250 anställda varav ungefär 900 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Pontus Hörling, Katarina Johansson, Birgitta Kylesten, Christian Mårtenson,  
Johan Schubert, Robert Suzic, Pontus Svenson

## Slutrapport från FoT-projekt Teknik, Metodik och Demonstrationssystem för Informationsfusion (TMDI)

<b>Utgivare</b> FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--2164--SE	<b>Klassificering</b> Användarrapport
	<b>Forskningsområde</b> 4. Ledning, informationsteknik och sensorer	
	<b>Månad, år</b> December 2006	<b>Projektnummer</b> E7097
	<b>Delområde</b> 41 Ledning med samband och telekom och IT-system	
	<b>Delområde 2</b>	
<b>Författare/redaktör</b> Pontus Hörling                      Pontus Svenson Katarina Johansson Birgitta Kylesten Christian Mårtenson Johan Schubert Robert Suzic	<b>Projektledare</b> Pontus Hörling	
	<b>Godkänd av</b> Martin Rantzer	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b> Försvarsmakten	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b> Martin Eklöf	
<b>Rapportens titel</b> Slutrapport från FoT-projekt Teknik, Metodik och Demonstrationssystem för Informationsfusion (TMDI)		
<b>Sammanfattning</b> Detta dokument utgör slutrapporten för FoT-projekt <i>Teknik, Metodik och Demonstrationssystem för Informationsfusion (TMDI)</i> . Projektet har pågått under åren 2004-2006. Det har verkat i en tid då förväntningarna på informationsfusionsfunktioner har skiftat från att stödja skapandet av en lägesbild vid symmetrisk strid till motsvarande vid asymmetriska konflikter och Operations Other Than War (OOTW). Rapporten ger en kort beskrivning av detta skifte i synen på informationsbehov, samt en historik över projektets organisation och vilka områden inom informationsfusionen vi avgränsat som viktiga att arbeta inom. Rapporten är huvudsakligen avsedd som en sammanfattning av den bedrivna verksamheten. Projektets prestationer har kontinuerligt levererats i form av vetenskapliga tidskrifts- och konferensartiklar, FOI-rapporter samt demonstrationer och seminarier. Information om dessa har även lämnats i form av kvartalsrapporter som FOI Memo. Projektets skriftliga publikationer under dessa tre år listas i slutet av rapporten med sina abstracts.		
<b>Nyckelord</b> Informationsfusion, Slutrapport, TMDI, OOTW, Beslutsstöd		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b> Se även gruppens hemsidor <a href="http://www.foi.se/fusion">www.foi.se/fusion</a> resp. <a href="http://www.foi.se/infusion">www.foi.se/infusion</a>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 30 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--2164--SE	<b>Report type</b> User report
	<b>Programme Areas</b> 4. C4ISTAR	
	<b>Month year</b> December 2006	<b>Project no.</b> E7097
	<b>Subcategories</b> 41 C4I	
	<b>Subcategories 2</b>	
<b>Author/s (editor/s)</b> Pontus Hörling                      Pontus Svenson Katarina Johansson Birgitta Kylesten Christian Mårtenson Johan Schubert Robert Suzic	<b>Project manager</b> Pontus Hörling	
	<b>Approved by</b> Martin Rantzer	
	<b>Sponsoring agency</b> Swedish Armed Forces	
	<b>Scientifically and technically responsible</b> Martin Eklöf	
<b>Report title (In translation)</b> Final report from FoT project Techniques, Methods and Demonstration systems for Information fusion (TMDI)		
<b>Abstract</b> <p>This document is the final report for the Research and Technology (FoT) project <i>Techniques, Methods, and Demonstration systems for Information fusion (TMDI)</i>. The project has been active during the years 2004-2006. This has been a period when the expectations on information fusion functions have changed from supporting the formation of a situation picture at symmetric warfare to the corresponding at asymmetric conflicts and Operations Other Than War (OOTW). The report gives a brief description of this change of view on information need, as well as a review on how the project has been organized, and which areas of information fusion we have found important to address. The report is mainly to be regarded as a summary of the project activities. The outcomes of the project have continuously been delivered as scientific articles and conference contributions, FOI reports as well as demonstrations and seminars. Information on these outcomes has been delivered quarterly as FOI Memos. The written material that has been published in different ways is listed in the end of the report with the corresponding abstracts.</p>		
<b>Keywords</b> Information Fusion, Final report, TMDI, OOTW, Decision Support		
<b>Further bibliographic information</b> See also the group homepages <a href="http://www.foi.se/fusion">www.foi.se/fusion</a> and <a href="http://www.foi.se/infofusion">www.foi.se/infofusion</a>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 30 p.	
<b>Price acc. to pricelist</b>		



## Innehåll

1. Inledning .....	6
2. Projektet TMDI och dess bakgrund .....	7
3. Beskrivning av delaktiviteter .....	9
3.1. Användaranalys.....	9
3.2. Textuell information i beslutsstöd .....	10
3.3. Verktyg för användarcentrerad lägesförståelse.....	11
3.4. Hantering av information under snabba förlopp.....	13
4. Samarbeten .....	16
5. Inför framtiden.....	17
6. Sammanfattning och slutsatser .....	17
7. Referenser.....	18

## 1. Inledning

Det kalla kriget innehöll en i många stycken tydligare hotbild än dagens. Hotet kom från öster, innehöll olika typer av mekaniserade förband till lands, sjöss och i luften som förväntades agera efter kända regler. Småkonflikter runt om i världen fanns då som nu, inom såväl som mellan nationer, men då var påfallande ofta den ena eller den andra supermakten inblandad som stöd till var sina sidor. Terrorismen var också den av en annan karaktär förr, och oftast avgränsad till grupper som verkade inom samma nation.

Sovjetunionens fall och det kalla krigets slut har gjort att många tidigare pyrande konflikter slagit ut. Terrorismen har blivit global och mycket mer svårfångad till sin karaktär. Terrorism, brottssyndikat och paramilitära styrkor lierar sig mer eller mindre med varandra i sönderfallande eller dåligt fungerande nationer. Sk. asymmetrisk krigföring används ofta av dessa parter för att möta reguljära militära förband och slå mot dem på andra sätt än rent klassiskt militärtekniskt, vilket gör deras agerande mycket mer oförutsägbart. Allt detta bidrar till dagens mer diffusa hotbild. Till denna nya hotbild kommer också ökade krav på samverkan mellan militära förband och civila organisationer (CIMIC) vid de operationer som idag är de vanligaste för västvärldens militära styrkor. Det handlar ofta mera om fredsframtvängande och fredsuppehållande operationer med stöd till kvarvarande samhällsfunktioner såväl som uppbyggnad av sådana som ej finns eller längre fungerar. För svenskt vidkommande har det från politiskt håll varit tydligt att detta är försvarsmaktens troliga huvuduppgift i framtiden, även om kravet att kunna försvara Sveriges territorium naturligtvis måste kvarstå.

Dagens operationer har alltså andra fokus än krig, vilket givit upphov till benämningen Operations Other Than War (OOTW). Förhoppningarna om framgång för konceptet Effect Based Approach to Operations (EBAO) [Smith 2003] [Kindvall 2005] [Abrahamsson et al 2006] [Carlsen et al 2006] innebär mycket större krav på att kunna sambehandla information från många konceptuella "områden" eller "arenor" till ett tydligt sammanhang. Man försöker här verka på flera arenor (militärt, diplomatiskt, politiskt, ekonomiskt, psykologiskt, infrastrukturellt etc.) för att nå vissa tillstånd (effektmål) snarare än med huvudsakligen "fysisk, kinetisk effekt" enbart på den militära arenan. Diskussioner förs också om att ge militären en tydligare roll som stödfunktion vid stora olyckor, naturkatastrofer och liknande samhällspåfrestande händelser här hemma.

Detta påverkar naturligtvis också karaktären på den information som militära förband av idag har att hantera för att kunna agera på ett effektivt sätt under dessa nya förutsättningar. Den information man måste hålla reda på har vidgats från att huvudsakligen innehålla klassiskt militär information till att även inkludera annan, främst allmänsamhällelig och kulturell information. Oförmåga att sambehandla all denna disparata information, såsom att inte kunna se orsak och verkan i ett skeende, kommer att leda till oförmåga att tolka händelseutvecklingen, att prognosticera den, och att kunna reagera proaktivt. Informationsfusionsfunktioner har därför kommit att allttjämt betraktas som ett viktigt FoU-område för försvarsmakten, trots kraftigt krympta ramar. Detta sker parallellt med ett kontinuerligt ökat intresse för kunskapshantering (Knowledge Management) i stort.

Tidigare (och än idag) talades det ofta om "situationsuppfattning" eller "lägesbild" vilket kunde åstadkommas av någon form av GIS (Geografiskt InformationsSystem) på vilket observerade förbands rörelser kunde följas och olika former av underrättelser läggas in. Det är dock av avgörande betydelse att beakta steget därovan, nämligen

”situationsförståelse” eller ”lägesförståelse” [Endsley et al 2003], vilket också innebär att man vill kunna förstå den presenterade informationen i sitt sammanhang. Detta ställer större krav på att informationssystemet förmår presentera ny och tidigare känd information, göra den sökbar, och länkbar till relaterad information, för att bättre fungera som ett stöd för operatörens förmåga att förstå läget och se sammanhanget i händelseutvecklingen. Kraven på informationshanteringssystem som förmår att hantera klassiskt militär information tillsammans med information typisk för de andra ovan nämnda arenorna är idag därför stora. Det är verkligen inte lätt att bygga ett sådant system. En del i framgången blir troligen att skapa bra gränssnitt mellan system som var för sig behandlar information av olika karaktär. Målet skulle då vara ett system som på lika villkor erbjuder möjligheten att rumsligt, temporalt, och i andra mer konceptuella dimensioner (*vad* som beskrivs av informationen) jämföra stora mängder information så man lättare kan se sammanhangen.

Kraftigt förenklat skulle man kunna konstatera att vikten idag ligger på att kunna samla in och bearbeta Humint (Human Intelligence, dvs. personbaserad inhämtning) snarare än ren teknisk sensorinformation. Vidare var tidigare olika former av signaturinformation för identifiering av farkoster viktig att känna till i förväg, sk. *a priori* information. Tillkommit har även ett stort behov av förhandskunskap om samhällstrukturen, kulturella egenheter och ”urban GIS” (multioleat med olika former av information om en tätort) i operationsområdet. Konstaterandet innebär inte att de funktioner vikten låg på tidigare på något vis har utgått, utan att de senare fått en kontinuerligt allt större betydelse.

Forskningsområdet ”Informationsfusion” är ännu luddigt till sin karaktär. Ursprungligen fokuserade det på de högre informationsnivåerna i den klassiska militärt orienterade (och tidigare sensortunga) JDL-modellen som dock de senaste 15 åren genomgått flera revisioner [White 1987] [White 1988] [Steinberg 1998] [Steinberg 2004] [Llinas 2004] [Svensson 2002]. Fler informationshanteringsarenor har emellertid intresserat sig för modellen, och ingen av alla accepterad definition finns ännu. En tolkning eller version av JDL-modellen [DSTO 1994] definierade (starkt militärt färgat) informationsfusion som "*A multilevel, multifaceted process dealing with the automatic detection, association, correlation, estimation, and combination of data and information from single and multiple sources*". The Open GIS consortium å andra sidan [OpenGIS 2000], definierar informationsfusion (mera GIS-orienterat) som "*The process of organizing, merging and linking disparate information elements (e.g., map features, images, text reports, video, etc.) to produce a consistent and understandable representation of an actual or hypothetical set of objects and/or events in space and time*". En definition fokuserad mot ”Data Fusion in Remote Sensing” kan hittas på [Wald 1998]: "*Data fusion is a formal framework in which are expressed the means and tools for the alliance of data originating from different sources. It aims at obtaining information of greater quality; the exact definition of 'greater quality' will depend upon the application*". Definitionerna är många fler, och nya föreslås med jämna mellanrum från olika organisationer. De senare ovan kan bl.a. hittas under [data-fusion], men är inte mer objektiva än några andra.

## 2. Projektet TMDI och dess bakgrund

Under ett föregående projekt ”Informationsfusion i det nya försvarets ledningssystem” 2001-2003 lades stor ansträngning på att ta fram den större demonstratorn ”Information Fusion Demonstrator 2003” (IFD03) [P3, P5, P7, P8, P37] vilken demonstrerades vid FMV Smartlab i december 2003 och som därefter visats för olika intressenter på olika platser. Arbetet i TMDI under 2004 och en stor del av 2005, se referenser [P1 — P(diffus övergång under skrift 15-20)], var i många stycken en fortsättning av de arbeten som pågick under det tidigare projektet och under den första



hälften av 2004 i flera fall associerade med arbetet på IFD03, där vi även ”slutputsade” på mjukvaran till denna. Projektet studerade här fusionsmetoder såsom gruppålföljning, resursallokering, sensorstyrning och hotigenkänning baserat på inströmmande positions- och framryckningsrapporter för en tänkt motståndares manövrer. En annan stor insats 2004 från projektets sida var då personalen var med och organiserade den i Stockholm hållna sjunde internationella informationsfusionskonferensen [P36]. Per Svensson och Johan Schubert (som även var redaktörer för konferensens proceedings) stod för en stor del av organisationen, med Johan Walter som skötte många praktiska detaljer.

Projektets medlemmar såg under denna tid en tydligare och tydligare vändning i den militära världens fokus avseende vilken typ av informationshanteringsbehov som är de vanligast förekommande under militära kampanjer idag. Det vill säga sådana behov som uppstår under olika typer av OOTW.

Vid ett projektinternat i februari 2005 ändrades således projektets strategi mot informationsfusionsmetoder för att stödja OOTW. Därefter styrdes (baserat på det under kapitel 1 beskrivna skiftet i typ av information som där är av vikt) projektet in på att studera lösningar på de nya kraven på förmågor. Efter internatet studerade projektets medlemmar vilket huvudfokus projektet skulle få under de kvarvarande knappa två åren. Några interna arbetsgrupper tillsattes för att ta fram vad vi benämnde ”koncept”. Med detta avsågs identifiering av olika funktionskedjor för informationshantering och –fusion som bör bli viktiga för framgång för de nya typerna av militära operationer. Områden såsom olika karaktärer av Humint, upploppshantering, förutsäga attentat, ledningsfunktion för urbant framskjuten soldat, hälsoövervakningsfunktion för denne, urban GIS med multioleatfunktioner, civilmilitär samverkan, reachbackfunktioner, sökning i öppna källor, analys av fritext i patrullrapporter, förmågebaserad styrkeaggregering mm. identifierades. Endast ett ”fåtal” av dessa överlevde för vidare studium. Resultatet innebar att projektet under hösten 2005 delades upp i fyra ”delaktiviteter” med var sina fokus. Delaktiviteterna beskrivs i kapitel 3. Dessa delaktiviteter kan synas inte hänga ihop på ett konsekvent sätt. En sådan observation är till stor del riktig, eftersom delaktiviteterna till stor del skapades för att närmare granska några utvalda fält av informationsfusion projektet ansåg viktiga för framtida insatsförband. Vi valde dem medvetet utan att förutsätta att de måste hänga ihop. Den första delaktiviteten avsågs dock fungera som stöd till de andra tre.

Den största slutsatsen av ovanstående resonemang visade tydligt att man idag har att hantera ett mycket bredare och svåravgränsat spektra av information och underrättelser, ofta i form av textinformation kring observerad kriminalitet, stämningsslagen, civil information, olika former av associerad bildinformation etc. Idéer för hur sådan information kan användas för att förstå läget och även försöka förutsäga framtida händelser har projektet därefter redovisat i rapporter, konferensartiklar samt i form av demonstrationer. Detta skifte i inriktning kan således följas i projektets produktion under de sista knappa två åren [P21 — P38].

Under hösten 2005 och i än högre grad under 2006 lät sig projektet även påverkas av den verksamhet som bedrivs vid FM Ledsystem UtvC i Enköping (i fortsättningen refererat till som ”UtvC”). Från början en, sedermera flera projektmedlemmar vistades tidvis där och var i synnerhet i kontakt med Ledsystem M och arbetsgruppen LägesC, senare omvandlad till InfoC (C=central). Här framkom bl.a. intresse för ett system som senare skulle utvecklas till ”MilWiki”, se avsnitt 3.2. En annan idé som odlades fram i dessa kontakter var ett stödverktyg för att hantera den s.k. impactmatrisen i JOC:en (Joint Operation Center) i FHQ (Force Headquarter), se avsnitt 3.3.

### 3. Beskrivning av delaktiviteter

Nedan följer beskrivningar i var sina avsnitt av de respektive delaktiviteterna som projektet arbetade med under större delen av 2005 och hela 2006. Varje delaktivitet inleds med att i kursiv stil citera motsvarande beskrivande text ur projektplanen för 2006. För detaljerad information om arbetet och resultaten i delaktiviteterna hänvisas till de skrifter som refereras till i respektive avsnitt.

#### 3.1. Användaranalys

*”Här skall en uppföljning ske av de studier som genomförs under 2005 och som kommer att slutrapporteras mars 2006. Studierna, baserade på användarintervjuer av 12 officerare som deltagit i utlandstjänstgöring, syftade till att beskriva deras arbetssituation och uppgifter i dagsläget med fokus på de system och metoder som nyttjas under Internationella Insatser. Utifrån denna information skall vi under 2006 fokusera på vilken ny typ av information och informationskällor som användaren anser sig ha behov av för att få förståelse för situationen, i dagens och framtidens insatser. Denna kunskap skall kontinuerligt integreras i de nedanstående delaktiviteterna.”*

En förstudie av MSI (Människa – System Interaktion)-frågor med koppling till informationsfusion genomfördes under 2004 [P9]. Följande frågor låg till grund i förstudien för att finna hur MSI kunde integreras i projektet: Hur och var kan informationsfusion användas inom det nya flexibla insatsförsvaret? På vilket sätt kan den operativa nyttan av informationsfusion utvärderas? Vilka angreppssätt kan väljas för att studera frågor av denna art och vad medför de olika angreppssätten med avseende på resurser och Försvarsmaktsnytta? Utvecklingen av beslutsstöd förutsätter kunskap om människans sätt att fungera, och forskning kring beslutsstöd är centralt för MSI-området. Resultatet från studien gav förslag på fyra olika paket för tillämpad forskning inom MSI- och Informationsfusionsdomänen, som skulle kunna besvara huvudfrågorna i förstudien. De fyra paketen var: Funktionellt perspektiv, Människa – Metod – Omvärld, GECCO<sup>1</sup> samt Manuell vs. automatisk informationsfusion. De två första paketen är av beskrivande karaktär och de två andra är utvärderande. Bedömningen gjordes att Funktionellt perspektiv hade en potential att ge bäst resultat med hänsyn tagen till resursåtgång och nytta för såväl projektet TMDI som för Försvarsmakten.

Detta medförde under våren 2005 att vi identifierade ett tydligt behov att få officerare med erfarenhet från internationella insatser att delge projektet sina erfarenheter om dagens informationshantering liksom idéer om förbättringar inför framtiden. Tolv officerare som deltagit i utlandstjänstgöring intervjuades och besvarade enkäter, med syftet att beskriva deras arbetssituation, uppgifter, samt informationsbehov i dagsläget med fokus på de system och metoder som nyttjas under internationella missioner. Studien resulterade i en FOI Metod- och en FOI Användarrapport i december 2005 respektive mars 2006 [P21, P22]. Resultatet redovisas i form av beskrivningar av bland annat extraordinära händelser, vardagligt arbete, informationsnätverk och svårigheter. Rapporten var avsedd att användas som ett verktyg och hjälpmedel inom bland annat teknikforskningsprojekt för att skapa en ökad domänförståelse och möjlighet till tillämpning av denna kunskap. Kunskapen har spridits inom projektet genom att kontinuerligt integreras i de i avsnitt 3.2 – 3.4 nedan beskrivna delaktiviteterna. Detta har fungerat väl för att arbeta mer behovsriktat genom scenarioframtagning, inriktning av idéer och så vidare. Dessutom har flera kontakter knutits direkt till militärer vilka kan bistå projektet med viktig erfarenhet från verkliga missioner. Ytterligare 2 intervjuer gjordes under hösten 2006 för att ytterligare förstärka resultatet från vårens intervjuer. Denna domänförståelse, nya kunskaper och

<sup>1</sup> Se <http://www.csc.kth.se/tcs/gecco>

kontakter passar väl för fortsatt användning inför 2007. Fortsatt fokus på vilken ny typ av information och informationskällor som det finns behov av för att få förståelse för situationen, i dagens och framtidens insatser, bör då behållas. Det är av yttersta vikt att fortsätta arbeta behovsriktat och det görs bäst genom bland annat intervjuer och fokusgrupper med personer med ”skarp” erfarenhet. Resultatet av arbetet under 2006 är planerat att presenteras vid en konferens under 2007.

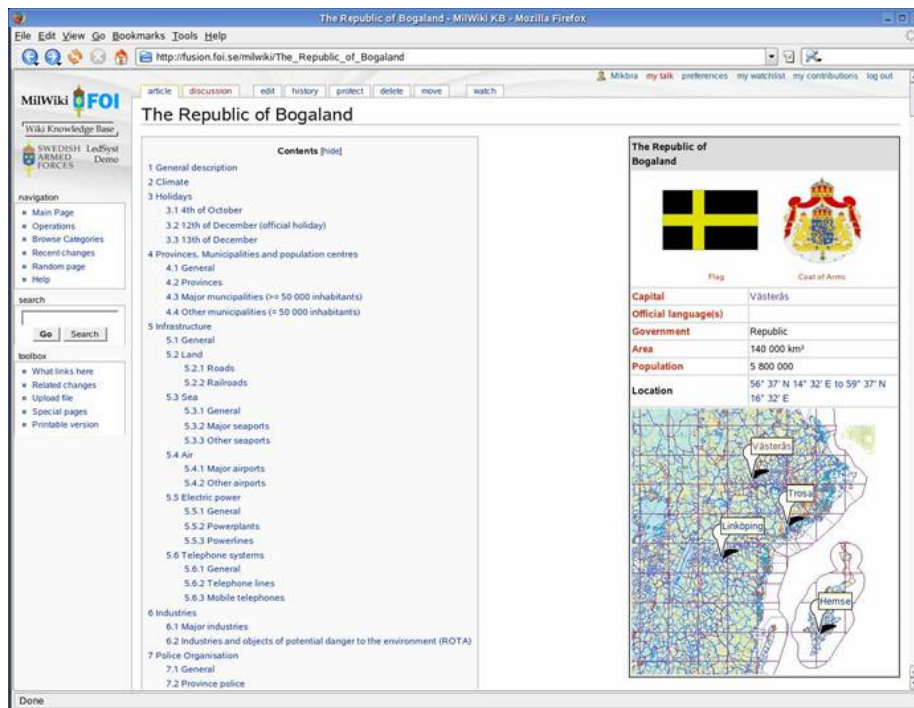
### **3.2. Textuell information i beslutsstöd**

*”Här skall vi bl.a. nyttja en sk Wiki för att presentera och dynamiskt uppdatera textuell information. Informationen kan matas in av olika auktoriserade användare. Innehållet i wikin kommer att bestå av två sorters information: Förutom den information som användare matar in under pågående operation behöver den också innehålla all den bakgrundskunskap som vi har om insatsområdet. En viktig del i denna bakgrundskunskap är det som kallas organisatoriskt minne, och som t ex kan innehålla fallbeskrivningar med föreskrivna handlingsregler. Fallbaserat resonerade är en metodik vi kommer att ha i åtanke för att utifrån strukturerad information försöka hitta mönster och indikationer på att något erfarenhetsmässigt är i görningen för att få tidig förvarning. Nyttjande av Textminingmetoder och informationsstrukturering m h a ontologier blir viktiga komponenter. Rapporter om textminingmetoder, användning av Wiki, skall levereras under 2006, de är dock ej formella milstolpar.”*

Projektet har här undersökt olika metoder för att ta hänsyn till och hantera textuell information. Sådan information kan härröra såväl från egna inhämtningsresurser (spaningssoldater, sensoroperatörer, patrullrapporter) som från externa resurser (webben, media, NGO:er).

På en konferens sommaren 2005 fångades en idé upp om att använda en *wiki* som ett verktyg för distribuerad hantering av en militär kunskapsbas. En *wiki* (pl. *wikier*), från hawaiianskans ord för snabb, är en webbplats där sidorna kan redigeras av besökarna själva. Detta görs direkt i webbläsaren vilket sänker tröskeln till att redigera sidan man tittar på.

För att testa idén med wikin, utvecklade projektet under våren 2006 ett experiment-system, kallat MilWiki. Användargränssnittet visas i figur 1. MilWiki bygger på öppen mjukvara som utökats med möjligheten att hantera geografisk information. Under Demo 06 Vår testkördes MilWiki med medlemmar från TMDI som stöd vid användandet. Initialt var MilWiki tänkt att användas som en kunskapsbas med möjlighet att söka efter reachback-stöd (ledningsstöd från hemmabas). När MilWiki väl var på plats i UtvC i Enköping kom den dock även att bli ett viktigt verktyg i InfoCentralens arbete med informationssökning och -spridning. Erfarenheterna av MilWiki från Demo 06 Vår finns sammanfattade i [P27].



**Figur 1.** Användargränssnittet i MilWiki, ett verktyg för att bl.a. effektivt länka samman, strukturera och presentera olika typer av information.

Förutom arbetet med att lagra information i en MilWiki har projektet gjort en översikt av vilka möjligheter som finns med textanalys. Vissa delar av denna översikt beskrevs i [P28]. Där beskrivs exempelvis verktyget *Autonomy*, som kan användas för att söka i både strukturerad och ostrukturerad information.

Under hösten 2006 har arbete pågått med att undersöka hur metoder för textklustring kan användas för att underlätta överförande av information från ett informationshanteringssystem till ett annat (t ex en MilWiki). Problemet när information ska flyttas från ett system till ett annat är att man inte alltid hittar alla länkar som ska peka på den nya informationen. Genom att använda textklustring kan man jämföra den nya informationen med den gamla och dra lärdom av de taggar och länkar som tidigare använts för att märka och länka till den nya informationen. Detta arbete kommer att redovisas i en forskningsartikel med publicering under 2007. Delaktiviteten har även arbetat med att ta fram ett verktyg som kan användas för att hjälpa en användare att föra över information från en databas till en annan. Det tänkta användningsfallet rör information som ska föras över från en öppen till en hemlig databas. Genom att hitta de dokument i den hemliga databasen som bäst överensstämmer med det nya kan användaren få hjälp med dels att märka det nya dokumentet, dels lista ut vilka länkar till det som skall skapas. Delaktiviteten arbetar (början av december 2006) med en introducerande FOI-rapport som adresserar detta, med beräknad publicering i januari 2007 [P38].

### 3.3. Verktyg för användarcentrerad lägesförståelse

*"I MOOTWscenarier saknas oftast en tydlig doktrin hos motståndaren. Likväl måste ofta information om honom aggregeras till hanterbara mängder. Sk "Förmågebaserad aggregering" är en idé att göra denna sammanställning baserat på de förmågor som olika tänkta kombinationer av motståndaraktorer kan ha, och de effekter och hot de kan leda till. Utifrån detta kan slutsatser dras om deras troliga intentioner och handlingsalternativ, samt egen informationsinsamling kan styras för att följa upp utvecklingen. Detta resonemang kan exempelvis ske tillsammans med datorn i ett så kallat "Mixed-Initiative system", där man försöker formge system i vilka människan och datorsystemet deltar i en resonerandeprocess på lika villkor.*

*Delaktiviteten utvecklar också ett datorbaserat verktyg för att hantera den s k impact matrisen. Impact matrisen används i FHQ för att visa möjliga händelseutvecklingar, deras a priori-sannolikhet och "impact". Verket kopplar indikatorer till händelseutvecklingar och visar visuellt för användaren vilken/vilka av de möjliga händelseutvecklingarna som kan vara på väg att inträffa. Delaktiviteten har bl.a. en milstolpe i juni kring nyttjandet av Mixed-initiative reasoning för sensorresurs-planering.”*

Delaktiviteten har främst arbetat med tekniker för att skapa lägesförståelse i OOTW-situationer. Detta arbete har resulterat i tre konferensbidrag [P16, P26, P30] och en FOI-rapport [P34]. Två olika angreppssätt har använts. En metod för att klassificera motståndargrupper med avseende på vilka förmågor de har att angripa oss har tagits fram [P16] och steg har tagits för att kombinera denna med det arbete som FOI tidigare gjort inom planigenkänning [P30]. Idén går i korthet ut på att använda underrättelserapporter för att känna igen vilka resurser som fiendliga grupper har på olika ställen. En resurs på ett visst ställe och en viss plats kan översättas till en förmåga att skada oss eller ett skyddsobjekt. Genom att göra det möjligt för användaren att snabbt kunna se vilka grupperingar och kombinationer av grupperingar som hotar en visst skyddsobjekt underlättas arbetet med att planera våra insatser.



**Figur 2.** Användargränssnittet i Impactorium, ett verktyg för riskbedömning.

Dessutom har ett verktyg, kallat "Impactorium" för att hantera den så kallade impactmatrisen tagits fram [P34]. Impactmatrisen är ett verktyg för att åskådliggöra den skattade risken för att händelser man vill ha kontroll på inträffar i framtiden. Vi utvecklade ett verktyg som kopplar inkomna rapporter från sensorer och (främst) mänskliga observatörer till de tänkbara kommande händelser de kan indikera. Genom att ändra färgen för händelser beroende på hur många och hur allvarliga indikatorer som kommit in för den får användaren en bättre situationsförståelse. Användargränssnittet visas i figur 2.

Tillsammans med MilWiki kan impactmatrisen ses som alternativa sätt att presentera lägesinformation på. Istället för den traditionella kartbilden presenteras information som är viktig för befälhavaren på ett sätt som gör det lätt för vederbörande att få överblick (impactmatrisen) och komma åt relaterad information (MilWiki).

Inom aktiviteten har vi också arbetat med resurshantering. En FOI-rapport om hur stokastisk dynamisk programmering (SDP) där kan tillämpas har producerats [P19]. SDP är en samling tekniker som kan vara användbara för både sensorstyrning och styrning av t ex logistikresurser. Under hösten 2005 genomfördes i samarbete med flera andra FOI-projekt en gemensam demonstration där en metod för utvärdering av sensorstyrningsplaner visades. Den del av denna demonstration som berör TMDI har dokumenterats i [P15, P25].

På CIMI-06 presenterade projektet bland annat ett bidrag om simuleringsbaserat beslutsstöd för resursallokering och uppdragsplanering [P25]. Bidraget byggde vidare på arbete utfört under 2004 och 2005 och som lett till ett konferensbidrag vid FUSION 2005 [P15]. CIMI-bidraget beskriver förutom de algoritmer som tagits fram för simuleringsbaserad resursallokeringar, ett par exempel på hur ett simuleringsbaserat planeringsstöd skulle kunna se ut och hur det skulle kunna förbättras med metodik baserad på *Mixed-Initiative Interaction*. Mixed-Initiative Interaction är benämningen på en typ av människa-system-interaktion där interaktionen är tänkt att efterlikna den mellan två människor. Systemet försöker avläsa användarens intentioner och kan vid lämpliga tillfällen avbryta användaren och erbjuda hjälp om något håller på att gå fel. På samma sätt ska användaren ges möjlighet till insyn i maskinens processer och omedelbart kunna ge nya direktiv om behov uppstår. Syftet är att på ett naturligt och effektivt sätt fusionera människans och maskinens olika förmågor för att uppnå ett bättre och mer tillförlitligt beslutsstöd.

Parallellt med projektets arbete om Mixed-Initiative har under 2006 förstudien "Mixed-initiative-interaktion för militära beslutsstödssystem" genomförts som en Strategisk forskningskärna, dock ej finansierad av TMDI. Resultatet finns dokumenterat i [Johansson och Mårtenson 2006].

### **3.4. Hantering av information under snabba förlopp**

*"Delaktiviteten syftar till att skapa verktyg för att analysera snabba förlopp såsom upplopp. Upploppssimulering kommer att ske i en på avd. för Systemteknik redan framtagen upploppssimulator, som skall förbättras ytterligare. Metoder (genetiska algoritmer) för att generera regler för vilka insatser som är lämpliga i olika situationer kommer att tas fram utifrån dessa simuleringar. Givet en situation föreslås automatiskt ett antal bästa alternativa hypoteser om insatsen. Här görs också en temporal-spatiell kontroll så att hypotesernas förslagna insatser är logistiskt möjliga med hänsyn till tidigare insatser. En studie att med hjälp av en ontologi beskriven i det XML-baserade språket OWL strukturera ett polisiärt reglemente för upploppshantering skall genomföras."*

Denna delaktivitet skapades efter att vi sett ett behov att se på den snabba informationshantering och strukturering som måste underlättas vid snabba förlopp, såsom upplopp, urban krigsföring "från kvarter till kvarter" i en komplicerad urban geografi, samt vid attentatssituationer. Vi avgränsade först arbetet till fusionsproblematiken vid informationsutbyte på lägre nivå vid urbana operationer, samt upploppshantering.

Inledningsvis närde vi funderingar på att studera användandet av en sk. Tablet-PC för effektiv kommunikation mellan enskild soldat i urban terräng och andra soldater samt med ledningsfordonet. Sådana initiativ finns på flera ställen inom FM och även FOI. Projektet ville dock främst studera de problem med fusion och association av information som matas in av soldat på denna medburna PC och förmedlas till de övriga soldaterna i gruppen eller plutonen resp. trycks ut till dessa från högre nivåer. Detta initiativ lades emellertid ned i början av 2006 eftersom arbetet troligen skulle



kunna göras effektivare inom ramen för de försök med sådan utrustning som görs på annat håll, dock ännu inte med fokus på fusionsproblematik.

Till slut bestämdes att vi skulle avgränsa delaktivitetens verksamhet till upploppshandling. Vi fokuserade uppgiften ytterligare: Vi ville se om det gick att använda en vid avdelningen för Systemteknik redan framtagen upplopps-demonstrator för att simulera olika motåtgärder för att stävja upplopp. Detta kom således att bli den tydligast avgränsade delaktiviteten. Hittills har denna inte resulterat i någon egen redovisning, och den beskrivs därför ganska detaljerat nedan.

### **3.4.1 Upploppshandling: inläring av strategier med stokastiska simuleringar**

Vi använder en upploppssimulator för att studera om det är möjligt att utifrån simuleringar lära hur man kan hantera en folkmassa i en viss stadsmiljö. Simulatorns funktion är att generera en databas över simulerade upploppsfall. Detta görs i förväg för en specifik stad eller förort med dess gator och kvarter innan en förväntad kritisk situation kan tänkas uppstå. Militära taktiska befälhavare som är ansvariga för att upprätthålla säkerheten tänkes kunna använda den genererade databasen med de upploppsfall som mest överensstämmer med den aktuella situationen och studerar då den prediktiva lägesbilden givet alternativa händelseförlopp. En nyhet i vårt sätt att behandla problemet är att vi kombinerar agentbaserad simulering med genetisk inläring för att generera optimala strategier för handtering av upplopp.

Under de senaste åren har det bedrivits en betydande mängd forskning om modellering av folkmassor och hur man kan ge dem komplext uppträdande med hjälp av intelligenta agenter. Trots all denna forskning har mycket litet gjorts när det gäller handtering av upplopp. Flera forskare aktiva inom "Project Albert" (lett av US Marine Corps, se <http://www.projectalbert.org>) har använt genetiska algoritmer för optimering av intelligenta agenter beteende. I en projektrapport [Graves et al 2000] demonstreras hur man kan använda genetiska algoritmer för att förbättra reglerna som definierar när intelligenta agenter genomför olika aktioner i agentbaserad simulering, t.ex. när agenter avancerar mot fiendens linjer eller när de skjuter mot fienden. Dixon och Reynolds [Dixon and Reynolds 2003] använde genetiska algoritmer för fredsbevarande scenarier i deras Behavior Action Simulation Platform (BASP) i situationer när det förutses att modellen kommer att utvecklas från en eller flera föregående modeller.

Vid Center for Technology-Enhanced Learning (University of Missouri-Rolla, USA) har Chaloupek [Chaloupek 2003] använt genetiska algoritmer för upploppshandling i samband med katastrofbistånd. Fokus ligger här på att utveckla strategier för polisen eller brandkåren för att hantera situationer när folkmassor snabbt behöver evakuera en byggnad. Det utvecklade systemet är tänkt för både utvärdering av nuvarande metoder, samt för utveckling av nya metoder att hantera folkmassor vid evakuering.

### **3.4.2 Inläring av spärrars styrka och position**

Genetiska algoritmer är en metod inom området artificiell intelligens för att lösa optimeringsproblem baserade på naturligt urval, dvs. den process som driver evolutionen. Utgående från en population av slumpmässiga individer förändrar den genetiska algoritmen dessa genom upprepade inkrementella förändringar. I varje steg i den genetiska algoritmen väljs två individer från populationen som föräldrar i nuvarande generation och används för att skapa en avkomma i nästa generation. Successivt över tiden utvecklas populationen mot en optimal lösning för det aktuella problemet. Denna biologiskt inspirerade optimeringsmetod är mycket robust och därmed lämplig för svåra optimeringsproblem.

I problemet med optimeringen av vägspärrars styrkor och positioner motsvarar en individ den samlade informationen om styrkan hos var och en av alla möjliga spärrpositioner. Styrka noll för en viss möjlig spärrposition motsvarar då att ingen spärr finns vid denna position. Desto högre styrkan är, desto fler agenter kan spärren hantera innan den bryts och desto mer resurser krävs för att bemanna spärren. Den totala summan av alla spärrars styrkor är begränsad i optimeringen. Detta motsvarar för ett verkligt upplöpssfall att mängden resurser för bemanning av spärrar är begränsad.

Populationen av alla individer utgör här den samlade mängden av alla alternativa strategier för att positionera och bemanna spärrarna. Optimeringen av strategier för spärrars position och styrka genomförs på så sätt att i varje generation utvärderas alla alternativa strategier var för sig. Varje strategi ges här en poäng utifrån hur framgångsrik den visade sig vara under simuleringen med upplöpssimulatorens utifrån två aspekter, dels i att skydda vissa utvalda byggnader och dels i att spärrarna själva inte förstörts av upplöpssdeltagarna.

En uppenbar avvägning är att spärrarna måste placeras i positioner där de själva riskeras för att kunna skydda utsatta byggnader. De får dock inte placeras så att de riskeras i onödan eller ges en så låg styrka att de enkelt kan brytas igenom, utan att ge ett skydd för byggnader som mer än uppväger spärrarnas egen risk. Om man inte samtidigt tar hänsyn till att både spärrarna och byggnaderna eventuellt kan komma att förstöras av upplöpssdeltagarna i simuleringen erhålls en suboptimering.

Allteftersom denna mängd av alternativa strategier utvecklas, väljs goda strategier med hög poäng ut och får generera nya ”avkommor”. Det sker på så sätt att alla strategier i en generation utvärderas med simulatorens och ges en poäng utifrån hur väl spärrarnas position och styrka ledde till att utpekade byggnader bevarades och spärrarna själva inte genombröts. Utifrån denna poäng rankas nu alla alternativa strategier. Strategierna ges nu en ny poäng där den bästa strategin får poäng 1, den näst bästa 1/2, den tredje bästa 1/3 osv. Efter normering av summan av dessa nya poäng utgör de den sannolikhet med vilken två föräldrar väljs ut. Man väljer således två individer slumpmässigt ur populationen men med dessa sannolikheter. Detta val av ett par individer upprepas lika många gånger som antalet individer i populationen. Om populationen består av 100 individer väljs om och om igen 100 par ut. Varje individ kan således väljas flera gånger till olika par. Vissa individer som motsvarar strategier som varit framgångsrika kommer säkert att väljas många gånger, medan andra individer som motsvarar strategier som misslyckas kan få så låg sannolikhet att de inte väljs alls. Varje par får sedan generera en avkomma till nästa generation vilket leder till att den kommer att innehålla samma antal individer som den förra. På detta sätt fortsätter optimeringen generation för generation med allt bättre resultat tills en tillräckligt bra lösning erhållits.

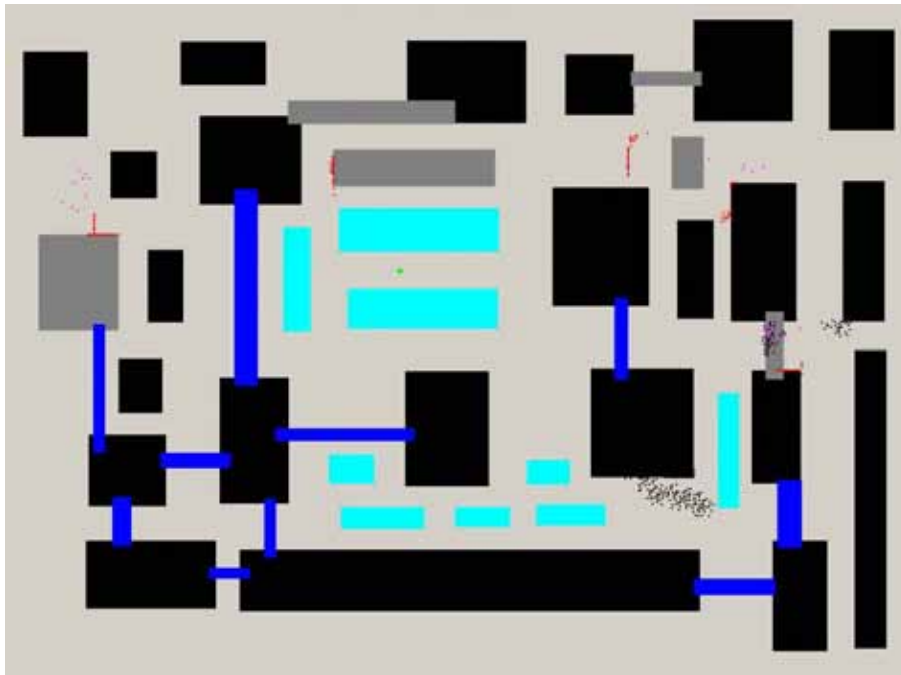
Slutligen sker generering av en ny strategi (avkomma) utifrån ett valt par av alternativa strategier (föräldrar) genom att man väljer vissa spärrpositioner och spärrstyrkor från den ena föräldern och vissa från den andra. Detta val sker slumpmässigt. Det ger då en ny strategi som bygger på delar av de två strategierna. Att välja föräldrar slumpmässigt men utifrån en sannolikhet baserad på hur bra de visade sig vara i simuleringen, men att inte direkt enbart välja de bästa, leder till en optimering som är mycket robust.

### 3.4.3 Upplöppssimulator

Syftet med FOI:s upplöpssimulator är att man ska kunna studera upplöpp för att observera konsekvenser av insatser syftande till värdering av insats. Upplöppssimulatorens skall svara på frågor som “Vad händer om jag gör på ett sätt och



motståndaren på ett annat sätt?”. Man kallar sådana simuleringar för ”What-if-simuleringar”.



**Figur 3.** Upploppssimulering, bild av visualiseringsgränssnitt. Svarta rektanglar – Byggnader, Grå rektanglar – Skadade byggnader eller avspärningar, Ljusblå rektanglar – Viktiga byggnader, Röda, lila, svarta punkter – Aggressiva, mindre aggressiva resp. lugna upploppsmakare eller demonstranter.

Simuleringen består av agenter som representerar upploppsdeltagare. Agenterna har beteendemodeller bestående av tre delar: En rörelsemodell av folkmassan i miljön, en modell för hur upploppsdeltagare interagerar sinsemellan, samt en för hur de interagerar med de ansvariga för ordningen. Agenterna har stokastiska egenskaper (dvs. graden av ”aggressivitet” är slumpmässig) vilket leder till att utfallen av olika simuleringar kan variera. Våra åtgärder kan idag representeras som olika uppsättningar av spärrar med olika styrkor. Miljön beskrivs i form av attraktionsplatser, vanliga byggnader och byggnader av särskilt intresse.

Beskrivning av tidigare versioner av upploppssimulatorens finns i [Suzić 2006] och en beskrivning för hur den kan användas i andra sammanhang finns i [Suzić and Wallenius 2005] samt [Suzić 2006]. I [Hörling et al 2006] beskrivs bland annat var forskningsfronten befinner sig inom agentbaserad simulering av upplopp. I denna version har vi förbättrat både agenternas rörelsemodell och användargränssnittet.

Upploppshanteringssimulatorens är för närvarande under slututprovning och kommer att demonstreras vid ett seminarium i UtvC under december 2006.

Under resterande del av 2006, delvis efter att denna rapport gått i tryck, kommer projektet att adressera en idé att med hjälp av en ontologi beskriven i det XML-baserade språket OWL strukturera ett polisiärt reglemente för upploppshantering. Resultatet kommer beroende på framgång att redovisas på lämpligt sätt under 2007.

## 4. Samarbeten

TMDI har under sina tre år haft längre och kortare samarbeten med personer helt eller delvis verksamma utanför FOI:s organisation, som här kortfattat beskrivs:

- Ett längre samarbete har pågått med institutionen för Numerisk Analys och Datalogi (NADA), KTH där två av medarbetarna bedrivit parallell forskning: Ronnie Johansson disputerade i april 2006 [P23], och är f.n. verksam vid

institutionen för kommunikation och information vid högskolan i Skövde. Robert Suzic presenterade sin licentiatsavhandling i maj 2005 [P13], och disputerade 11 december 2006 [P35].

- Pontus Svenson har föreläst vid kurser i informationsfusion vid Högskolan i Skövde december 2005 och oktober 2006.
- Pontus Svenson organiserade tillsammans med Uwe Bendisch från Fraunhoferinstitutet i Tyskland en nätverksbyggande session om "Resilient infrastructures and information fusion for security" vid EU:s IST event 2006 i november 2006 i Helsingfors.
- Pontus Svenson höll i juli 2006 en kurs om informationsfusion vid ELSNETs sommarskola om Information fusion for language technology i Hamburg.
- Vid sommartid 2006 inleddes 18-månaders EU PASR-projektet HiTS-ISAC (Highway To Security: Interoperability for Situation Awareness and Crisis management) som TMDI stöder med en dryg månad arbetstid, framför allt för studie av social nätverksanalys. Per Svensson är projektledare på FOI:s sida.
- Ett samarbete inom NATO's forskningsorganisation RTO (Research and Technology Organization) har under 2006 inletts inom projektet IST-065 "Information fusion for Asymmetric Operations". Två möten har ägt rum där Pontus Hörling deltagit; i mars i Paris och i september i Quebec City. Avsikten är att gemensamt studera stöd- och automatiseringsfunktioner för analyssteget efter kollationeringssteget i underrättelseloopen. Kollationeringssteget studerades i ett föregående projekt (där Sverige ej ingick) som avrapporterades i Haag november 2005, och vars resultat kommer att nyttjas i det nu pågående projektet.

## 5. Inför framtiden

Under 2007 kommer ett projekt "Situations- och hotanalys för battlegroup 2011" att bedrivas. Detta projekt kommer att arbeta vidare med vissa av de frågeställningar som TMDI påbörjat. Även detta projekt kommer att adressera åtskilliga delområden av informationshantering vid OOTW. T.ex. kommer forskning om hur man kan koppla impactmatrisen med den s.k. synkmatrisen<sup>2</sup> att genomföras i samarbete med UtvC. Projektet kommer dessutom att genomföra ett samarbete med Singapore om verktyg för att analysera och lagra information.

## 6. Sammanfattning och slutsatser

Under de gångna tre åren 2004—2006 har TMDI adresserat åtskilliga områden inom informationsfusionsarenan. Under den första tiden arbetade projektet till stor del med analys av position, typ, organisation och doktrin hos en framryckande mekaniserad motståndare, såväl som skattning av hotet från denne. En stor del av resurserna lades på vetenskaplig produktion som på olika sätt relaterande till hantering av osäker underrättelseinformation, samt planering utifrån denna, vid symmetrisk strid. Under den andra hälften av projekttiden kom projektet att undan för undan närma sig problemet med strukturering, analys och fusion av mer kvalitativ lägesinformation. Projektet fick ett större fokus mot OOTW och de behov som bl.a. framkommit vid UtvC, till stor del erfarenheter från de halvårsvisa systemdemonstrationerna där. Arbetet delades upp i delaktiviteter, var och en med uppgift att studera ett utvalt informationsfusionsområde som ansågs vara relevant för OOTW. En delaktivitet hade dock uppgiften att ta reda på den uppfattning som dagens officerare med erfarenhet av internationella insatser har om informationshantering av idag och önskemål inför framtiden. Under det sista året har, såsom beskrivits i avsnitt 3.2 - 3.3, prototyper

<sup>2</sup> Synkroniseringsmatris; ett annat verktyg som används i JOC:en för att i tiden synkronisera olika mer eller mindre parallella aktioner under en operation, samt att tillse att de resurser som används där inte inbokas samtidigt av flera utan finns tillgängliga och på plats. Dessa faser kopplas i denna matris dessutom mot tydliga effektmål enligt EBAO-resonemanget.

tagits fram på verktyg för informationsstrukturering som kan vara lämpliga att använda i FHQ JOC eller motsvarande. Så har även mer översiktliga studier av textanalytiska metoder och metoder för Mixed-Initiative interaktion utförts, såväl som framtagande av en simulator för upploppshantering i urban miljö.

Slutligen kan konstateras att arbetet varit framgångsrikt med att upparbeta och förmedla en tydlig förståelse för vilka utmaningar försvarsmakten står inför avseende informationsbearbetning för att skapa och underhålla en lägesbild anpassad för OOTW-operationer. Denna kunskap kommer väl till nytta i det framtida arbetet för att stödja de behov som finns inom framför allt NBG (Nordic Battle Group).

## 7. Referenser

Referenslistan innehåller först alla publikationer som projektet bidragit med under tiden 2004-2006 (nummer P1 till P38). Vissa skrifter har skrivits i samarbete med andra projekt på FOI, men är medtagna nedan om TMDI bidragit med minst hälften av resurserna. De flesta av forskningsgruppens skrifter (producerade inom såväl som utom detta projekt) kan hittas på [www.foi.se/fusion](http://www.foi.se/fusion) resp. [www.foi.se/infusion](http://www.foi.se/infusion).

Övriga referenser listas därefter som [författare år].

P1. Hedvig Sidenbladh, Pontus Svenson och Johan Schubert. *Comparing Multi-Target Trackers on Different Force Unit Levels*. Signal Processing, Sensor Fusion and Target Recognition XIII, I. Kadar (Ed.), Proceedings of SPIE Vol 5429, Orlando, USA, 12-14 April 2004. SPIE, Bellingham, WA, 2004, pp. 306-314 (Även utgiven som FOI-S—1358—SE, september 2004).

**Abstract:** Consider the problem of tracking a set of moving targets. Apart from the tracking result, it is often important to know where the tracking fails, either to steer sensors to that part of the state-space, or to inform a human operator about the status and quality of the obtained information. An intuitive quality measure is the correlation between two tracking results based on uncorrelated observations. In the case of Bayesian trackers such a correlation measure could be the Kullback-Leibler difference.

We focus on a scenario with a large number of military units moving in some terrain. The units are observed by several types of sensors and "meta-sensors" with force aggregation capabilities. The sensors register units of different size. Two separate multi-target probability hypothesis density (PHD) particle filters are used to track some type of units (e.g., companies) and their sub-units (e.g., platoons), respectively, based on observations of units of those sizes. Each observation is used in one filter only. Although the state-space may well be the same in both filters, the posterior PHD distributions are not directly comparable -- one unit might correspond to three or four spatially distributed sub-units. Therefore, we introduce a mapping function between distributions for different unit size, based on doctrine knowledge of unit configuration.

The mapped distributions can now be compared -- locally or globally -- using some measure, which gives the correlation between two PHD distributions in a bounded volume of the state-space. To locate areas where the tracking fails, a discretized quality map of the state-space can be generated by applying the measure locally to different parts of the space.

P2. Pontus Svenson. *Extremal optimization for sensor report pre-processing*. Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XIII, I. Kadar (Ed.), Proceedings of SPIE Vol 5429, Orlando, USA, 12-14 April 2004. Bellingham, WA, 2004, pp. 162-171 (Även utgiven som FOI-S—1357—SE, september 2004).

**Abstract:** We describe the recently introduced extremal optimization algorithm and apply it to target detection and association problems arising in pre-processing for multi-target tracking.

Extremal optimization is based on the concept of self-organized criticality, and has been used successfully for a wide variety of hard combinatorial optimization problems. It is an approximate local search algorithm that achieves its success by utilizing avalanches of local changes that allow it to explore a large part of the search space. It is somewhat similar to genetic algorithms, but works by selecting and changing bad chromosomes of a bit-representation of a candidate solution. The algorithm is based on processes of self-organization found in nature. The simplest version of it has no free parameters, while the most widely used and most efficient version has one parameter. For extreme values of this parameter, the method reduces to hill-climbing and random walk searches, respectively.

Here we consider the problem of pre-processing for multiple target tracking when the number of sensor reports received is very large and arrives in large bursts. In this case, it is sometimes necessary

to pre-process reports before sending them to tracking modules in the fusion system. The pre-processing step associates reports to known tracks (or initializes new tracks for reports on objects that have not been seen before). It could also be used as a pre-process step before clustering, e.g., in order to test how many clusters to use.

The pre-processing is done by solving an approximate version of the original problem. In this approximation, not all pair-wise conflicts are calculated. The approximation relies on knowing how many such pair-wise conflicts that are necessary to compute. To determine this, results on phase-transitions occurring when coloring (or clustering) large random instances of a particular graph ensemble are used.

P3. Simon Ahlberg, Pontus Hörling, Karsten Jöred, Christian Mårtenson, Göran Neider, Johan Schubert, Hedvig Sidenbladh, Pontus Svenson, Per Svensson, Katarina Undén, och Johan Walter. *The IFD03 Information Fusion Demonstrator*. Proceedings of the Seventh International Conference on Information Fusion (FUSION 2004), P. Svensson and J. Schubert (Eds.), Stockholm, Sweden, 28 June-1 July 2004. International Society of Information Fusion, 2004, pp. 936-943 (Även utgiven som FOI-S--1353—SE, Augusti 2004).

Abstract: The paper discusses a recently developed demonstrator system where new ideas in tactical information fusion may be tested and demonstrated. The main services of the demonstrator are discussed, and essential experience from the use and development of the system is shared.

P4. L. Ronnie M. Johansson and Robert Suzić. *Bridging the Gap between Information Need and Information Acquisition*. Proceedings of the Seventh International Conference on Information Fusion (FUSION 2004), P. Svensson and J. Schubert (Eds.), Stockholm, Sweden, 28 June-1 July 2004. International Society of Information Fusion, 2004, pp. 1202-1209 (Även utgiven som FOI—S—1539, 2004).

Abstract: In this article, we address the rarely discussed problem of connecting high-level information (e.g., aggregated states and enemy intentions) to information acquisition. Our approach is to partition the transition of information need to sensor management into a set of comprehensible entities (information types and functions), which we present in a framework. The framework is stepwise (sequential) and first translates actual information (from the data and information fusion process) to information need. The information need is mapped to the task space by a task management function which performs prioritization with respect to information need. A further step includes projection of tasks to service space by an allocation scheme, and finally services give orders to resources. In the terminology of the framework, we discuss the extension of a previous study (that involved plan recognition) with a sensor management function.

P5. Johan Schubert, Christian Mårtenson, Hedvig Sidenbladh, Pontus Svenson, Johan Walter. *Methods and System Design of the FOI Information Fusion Demonstrator - IFD03*. Proceedings of the Ninth International Command and Control Research and Technology Symposium, Copenhagen, Denmark, 14-16 September 2004. US Dept. of Defense CCRP, Washington, DC, USA, Track 7.2, paper 061, pp. 1-29 (Även utgiven som FOI-S—1363—SE, september 2004).

Abstract: The Swedish Defence Research Agency has developed a concept demonstrator for demonstrating information fusion methodology focused on intelligence processing at the division level for a future Network Based Defence (NBF) / Network Centric Warfare (NCW) C4ISR system. The demonstrator integrates force aggregation, particle filtering and sensor allocation methods to construct, dynamically update and maintain a situation picture.

P6. Johan Schubert. *Clustering belief functions based on attracting and conflicting metalevel evidence using Potts spin mean field theory*. Information Fusion 5(4): pp. 309-319, 2004 (Även utgiven som FOI-S—1414—SE, november 2004).

Abstract: In this paper we develop a Potts spin neural clustering method for clustering belief functions based on attracting and conflicting metalevel evidence. Such clustering is useful when the belief functions concern multiple events, and all belief functions are mixed up. The clustering process is used as the means for separating the belief functions into clusters that should be handled independently. A measure for the adequacy of a partitioning of all belief functions is derived and mapped onto the neural network in order to obtain fast clustering. A comparison of classification error rate between using conflicting metalevel evidence only and both conflicting and attracting metalevel evidence demonstrates a significant reduction in classification error rate when using both.

P7. Simon Ahlberg, Pontus Hörling, Christian Mårtenson, Göran Neider, Hedvig Sidenbladh, Pontus Svenson, Per Svensson och Johan Walter. *System Documentation on the FOI Information Fusion Demonstrator 03 (IFD03)*. FOI Rapport FOI-D—0184—SE, november 2004.

Abstract: Denna rapport innehåller systemdokumentation över informationsfusionsdemonstratorn IFD03. Bakgrunden till utvecklingen av demonstratorn beskrivs kortfattat, följt av kapitel om utvecklingsmiljön och hur man visualiserar resultaten från demonstratorn. Terrängmodulen, simuleringsmodeller i Flames och analysmetoderna dokumenteras här och på den medföljande CD-n.

P8. Simon Ahlberg, Pontus Hörling, Karsten Jöred, Christian Mårtenson, Göran Neider, Johan Schubert, Hedvig Sidenbladh, Pontus Svenson, Per Svensson, Katarina Undén och Johan Walter. *The IFD03 Information Fusion Demonstrator -- requirements, methodology, design, and experiences*. FOI Användarrapport FOI-R—1413—SE, december 2004.

Abstract: The Swedish Defence Research Agency (FOI) has developed a concept demonstrator called the Information Fusion Demonstrator 2003 (IFD03) for demonstrating information fusion methodology for a future Network Based Defense (NBF) C4ISR system. The focus of the demonstrator is on real-time tactical intelligence processing at the division level in a ground warfare scenario. The demonstrator integrates force aggregation, particle filtering, and sensor allocation methods to create, dynamically update, and maintain components of a tactical situation picture. This represents an important step towards the goal of creating in real time a dynamic, high fidelity representation of a moving battalionsized organization, based on sensor data as well as *à priori* intelligence and terrain information.

The motives behind this project, the fusion methods developed for the system, its scenario model and simulator architecture, as well as key aspects of its development process, are described. The main services of the demonstrator are discussed, and essential experience from the use and development of the system is shared. Further development of the techniques used in IFD03 may eventually permit concurrent tracking of solid objects and group objects, as well as more powerful sensor resource management methods. Also, studies are being carried out which are likely to lead to capability to automatically recognize certain kinds of tactical plans and intentions.

P9. Katarina Undén. *En förstudie av MSI-frågor med koppling till informationsfusion*. FOI Memo 1176, 2004.

P10. Ronnie Johansson och Robert Suzić. *Realization of a Bridge between High-Level Information Need and Sensor Management Using a Common DBN*. Proceedings of the IEEE International Conference on Information Reuse and Integration (IEEE IRI-2004), November 8-10, 2004, Las Vegas, Nevada, USA, pp. 606-611 (Även utgiven som FOI-S—1538—SE, december 2004).

Abstract: In a decision support system for military decision makers a plan recognition process provides estimates of enemy plans. To respond to a changing and uncertain environment the plan recognition process requires timely and relevant information.

We address the rarely discussed, yet crucial, issue of connecting the information needs of plan recognition to management of sensors. We have previously presented a framework for this purpose and here we give details of an implementation and provide some results. In our implementation both plan recognition, sensor management and the functions that connect them utilize the a priori knowledge stored in a Dynamic Bayesian Network.

P11. Robert Suzić. *A Generic Model of Tactical Plan Recognition for Threat Assessment*. Multisensor, Multisource Information Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications, V. Dasarathy (Ed.), Proceedings of SPIE Vol 5813, Orlando, USA, 28-31 March 2005. SPIE, Bellingham, WA, 2005, pp. 105-116 (Även utgiven som FOI-S—1747—SE, juni 2005).

Abstract: Plan recognition has to be performed in a statistically robust manner concerning an infinite number of tactical situations and different types of units. We need a generic model for tactical plan recognition where we combine observations and a priori knowledge in a flexible manner by using suitable methodologies and by having a large hypothesis space taken into account. Threat and therefore observed agent's plans should be put into a *context*. Here, we propose Multi-Entity Bayesian Networks (MEBN), which enable the composition of Bayesian Networks from the network pieces, as the key methodology when designing flexible plan recognition models. However, Bayesian network fragments must be *compatible* and therefore we propose ontology for generic plan recognition using Bayesian

network fragments. Additionally, we claim that by using multi-entity network fragments we expand the hypothesis space and using this approach various multi-agents structures can be expressed. Our final contribution is that we incorporate the use of explicit utilities in our plan recognition model.

P12. Pontus Svenson. *Exploiting phase transitions for fusion optimization problems*. Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition XIV, I. Kadar (Ed.), Proceedings of SPIE Vol 5809, Orlando, USA, 28-31 March 2005. SPIE, Bellingham, WA, 2005, pp. 44-52 (Även utgiven som FOI-S—1816—SE, augusti 2005).

**Abstract:** Many optimization problems that arise in multi-target tracking and fusion applications are known to be NP-complete, i.e., believed to have worst-case complexities that are exponential in problem size. Recently, many such NP-complete problems have been shown to display threshold phenomena: it is possible to define a parameter such that the probability of a random problem instance having a solution jumps from 1 to 0 at a specific value of the parameter. It is also found that the amount of resources needed to solve the problem instance peaks at the transition point.

Among the problems found to display this behavior are graph coloring (aka clustering, relevant for multi-target tracking), satisfiability (which occurs in resource allocation and planning problem), and the travelling salesperson problem.

Physicists studying these problems have found intriguing similarities to phase transitions in spin models of statistical mechanics. Many methods previously used to analyze spin glasses have been used to explain some of the properties of the behavior at the transition point. It turns out that the transition happens because the fitness landscape of the problem changes as the parameter is varied. Some algorithms have been introduced that exploit this knowledge of the structure of the fitness landscape.

In this paper, we review some of the experimental and theoretical work on threshold phenomena in optimization problems and indicate how optimization problems from tracking and sensor resource allocation could be analyzed using these results.

P13. Robert Suzić. *Knowledge Representation and Stochastic Multi-Agent Plan Recognition*. Licenciatavhandling TRITA-NA-0514, KTH, maj 2005.

**Abstract:** To incorporate new technical advances into military domain and make those processes more *efficient* in accuracy, time and cost, a new concept of Network Centric Warfare has been introduced in the US military forces. In Sweden a similar concept has been studied under the name Network Based Defence (NBD). Here we present one of the methodologies, called tactical plan recognition that is aimed to support NBD in future. Advances in sensor technology and modelling produce large sets of data for decision makers. To achieve *decision superiority*, decision makers have to act agile with proper, adequate and relevant information (data aggregates) available. Information fusion is a process aimed to support decision makers' situation awareness. This involves a process of combining data and information from disparate sources with *prior* information or knowledge to obtain an improved state estimate about an agent or phenomena. *Plan recognition* is the term given to the process of inferring an agent's intentions from a set of actions and is intended to support decision making.

The aim of this work has been to introduce a methodology where prior (empirical) knowledge (e.g. behaviour, environment and organization) is represented and combined with sensor data to recognize plans/behaviours of an agent or group of agents. We call this methodology *multi-agent plan recognition*. It includes knowledge representation as well as imprecise and statistical inference issues. Successful plan recognition in large scale systems is heavily dependent on the data that is supplied. Therefore we introduce a *bridge* between the plan recognition and sensor management where results of our plan recognition are reused to the control of, give *focus of attention* to, the sensors that are supposed to acquire most important/*relevant* information.

Here we combine different theoretical methods (Bayesian Networks, Unified Modeling Language and Plan Recognition) and apply them for tactical military situations for ground forces. The results achieved from several proof-of-concept models show that it is possible to model and recognize behaviour of tank units.

P14. Hedvig Sidenbladh, Pontus Svenson och Johan Schubert. *Comparing Future Situation Pictures*. Proceedings of the Eighth International Conference on Information Fusion (FUSION 2005), Philadelphia, USA, 25-29 July 2005. IEEE, Piscataway, NJ, 2005, Paper C10-4, pp. 1-6 (Även utgiven som FOI-S—1823—SE, juli 2005).

**Abstract:** In this paper, we suggest a practical method for measuring the difference between situation pictures obtained independently from each other. In previous work, we have considered the output of two independent tracking methods, while we here consider the output from a threat analysis/prediction system at two time instances. At two instances in time, a hypothesized threat analysis/prediction system generates future situation pictures, describing the world at the same future point in time. Qualitative and quantitative differences between the two future situation pictures are then detected. The detected

difference map serves as an indication of the amount of unpredictability in the world; or alternatively, of the ability of the threat analysis/prediction system to model different areas in the future situation picture accurately. This could either be used as feedback in training a learning threat analysis/prediction system, or to inform a human user about the reliability of the future situation picture.

P15. Christian Mårtensson och Pontus Svenson. *Evaluating sensor allocations using equivalence classes of multi-target paths*. Proceedings of the Eighth International Conference on Information Fusion (FUSION 2005), Philadelphia, USA, 25-29 July 2005. IEEE, Piscataway, NJ, 2005, Paper B9-1, pp. 1-8 (Även utgiven som FOI-S—1817—SE, augusti 2005).

**Abstract:** We present an algorithm for evaluating sensor allocations using simulation of equivalence classes of possible futures. Our method is meant to be used for pre-planning sensor allocations, e.g., for choosing between several alternative flight-paths for UAV's, or deciding where to deploy ground sensor networks. The method can be used to choose the best sensor allocation with respect to any fusion method.

In addition to the list of sensor allocations to evaluate, the algorithm requires knowledge of the terrain/road network of the region of interest. Additional doctrinal knowledge on the enemy's possible goals and rules of engagement can increase the speed of the method, but is not required.

Given a current situation picture, the method generates possible future paths for the objects of interest. For each considered sensor allocation, these futures are partitioned into equivalence classes. Two futures are considered equivalent with respect to a given sensor allocation if they would give rise to the same set of observations. For each such equivalence class, we run a fusion algorithm; in this paper, an emulated multi-target tracker. We use the output of this emulated filter to determine a fitness for each sensor allocation under evaluation. For small scenarios, we compare some different ways of calculating this fitness, concluding that an approximation introduced by us gives nearly the same result as an exact method.

We also introduce a formulation of the studied problem and the method used to solve it using random sets, and give several directions for future work.

P16. Pontus Svenson. *Capabilities-based force aggregation using random sets*. Proceedings of the Eighth International Conference on Information Fusion (FUSION 2005), Philadelphia, USA, 25-29 July 2005. IEEE, Piscataway, NJ, 2005, Paper C7-4, pp. 1-7 (Även utgiven som FOI-S—1818—SE, augusti 2005).

**Abstract:** Force aggregation is one of the most important functionalities of a situation analysis system. In order to reduce the amount of information displayed for an analyst, it is vitally important to cluster information that belongs together and display the aggregated information for the cluster instead of all the original objects.

In order to do this, two different kinds of algorithms are necessary. First, we must have a method for grouping objects that belong together. This problem is most often referred to as clustering; it is a variant of the NP-complete graph coloring problem.

Second, a group of objects that belong together must be classified. There have been some methods proposed for doing this. All of the present alternatives for aggregation rely on doctrinal information. However, in the new kind of situations that face us, it is increasingly likely that we will meet organizations that do not follow a strict doctrine in their organization. Instead, they will use task-forces or ad-hoc forces that are organized to solve a specific objective.

Here, we present a formalism for doing classification of task-forces based on less amount of doctrinal knowledge as well as user interaction. The kind of doctrinal knowledge required by the approach suggested here is similar to the one needed to put together task-forces for solving a specific mission, ie, it is capabilities oriented. Using random set theory, we describe several different ways of force aggregation and present results from experiments performed with them. User interaction could be used to further enhance the method presented here.

P17. Ronnie Johansson och Robert Suzić. *Particle filter-based information acquisition for robust plan recognition*. Proceedings of the Eighth International Conference on Information Fusion (FUSION 2005), Philadelphia, USA, 25-29 July 2005. IEEE, Piscataway, NJ, 2005, Paper A6-4, pp. 1-7 (Även utgiven som FOI-S—1827—SE, augusti 2005).

**Abstract:** Plan recognition generates high-level information of opponents' plans, typically a probability distribution over a set of plausible plans. Estimations of plans, are in our work, made at different decision-levels, both company-level and the subsumed platoon-level. Naturally, successful plan recognition is heavily dependent on the data that is supplied, and, hence, sensor management is a

necessity. A key feature of the sensor management discussed here is that it is driven by the information need of the plan recognition process.

In our research, we have presented a general framework for connecting information need to sensor management. In our framework implementation, an essential part is the prioritization of sensing tasks, which is necessary to efficiently utilize limited sensing resources. In our first implementation, the priorities were calculated from, for instance, the estimated threats of opponents (as a function of plan estimates), the distance to the opponent, and the uncertainty in its position.

In this article, we add a particle filter method to better represent the uncertainty in the opponent state estimate to make prioritization more well-founded and, ultimately, to achieve robust plan recognition. By using the particle filter we can obtain more reliable state estimates (through the particle filter's ability to represent complex probability distributions) and also a statistically based threat variation (through Monte-Carlo simulation). The state transition model of the particle filter can also be used to predict future states to direct sensors with a time delay (a common property of large-scale sensing systems), such as sensors mounted on UAVs which have to travel some distance to make a measurement.

P18. Fredrik Stavfors och Per Svensson. *Recognizing mobile organizations from column formations using Hierarchical Hidden Markov Models: a simulation experiment*. Proceedings of the Eighth International Conference on Information Fusion (FUSION 2005), Philadelphia, USA, 25-29 July 2005. IEEE, Piscataway, NJ, 2005, Paper D3-1, pp. 1-7 (Även utgiven som FOI-S—1824—SE, augusti 2005).

Abstract: In a paper at Fusion 2000, Björnfort and Svensson discussed the use of HMMs to recognize mobile military organizations moving in column formation along a road from observations of the types and relative positions of its component vehicles. Straightforward use of standard HMMs in the sequence recognition task restricts the application of this technique to the rather unlikely situation where all vehicle types normally follow each other according to a fixed sequential pattern. In this paper, this restriction is relaxed by representing a multi-level organization by an Hierarchical Hidden Markov Model, in which each possible component sequence for each organizational subunit type is modelled by a separate "sub-HMM". Experiments are carried out using simulated data which illustrate the increased flexibility and applicability of this approach in column recognition tasks.

P19. Ronnie Johansson, Christian Mårtenson, Robert Suzić och Pontus Svenson. *Stochastic dynamic programming for resource allocation*. FOI Metodrapport FOI-R--1666—SE, september 2005.

Abstract: Resource allocation and management is an important part of the future network-based defence. In order to provide an adequate situation picture for commanders in the field, sensor platforms must be guided correctly and the needs of different users must be prioritized correctly.

Other important problems which require resource allocation include determining where soldiers should be posted in order to maintain peace in an area and determining where to place ambulances.

In order for sensor allocation to take opponent's future activities into account, detailed analysis of risks and consequences is needed. An important help for doing this is stochastic optimization.

One important method for such optimization is stochastic dynamic programming, which can be used to compute the best possible policy when we have a probabilistic model of the opponent's behaviour. The method can also be used when we have stochastic models for, e.g., reliability of our own communication networks.

In this report, we describe the basic methods and algorithms of stochastic dynamic programming and their relation to reinforcement learning. We also give a short overview of some relevant applications from the literature and suggest future work in this area.

P20. Pontus Svenson. *Equivalence classes of future paths for sensor allocation and threat analysis*. Signal and Data Processing of Small Targets 2005, O.E. Drummond (Ed.), Proceedings of SPIE Vol 5913, San Diego, USA, 31 July-4 August 2005. SPIE, Bellingham, WA, 2005, pp. 363-369 (Även utgiven som FOI-S—1872—SE, oktober 2005).

Abstract: Sensor allocation and threat analysis are difficult fusion problems that can sometimes be approximately solved using simulations of the future movement of adversary units. In addition to requiring detailed motion models, such simulation also requires large amounts of computational resources, since a large number of possibilities must be examined. In this paper, we extend our previously introduced framework for doing such simulations more efficiently. The framework is based on defining equivalence classes of future paths of a set of units. In the simplest case, two paths are considered equivalent if they give rise to the same set of observations.



For sensor management, each considered sensor plan thus entails an equivalence relation on the set of future paths. This can be used to significantly reduce the number of "alternative futures" that need to be considered for the simulation.

For threat analysis, the equivalence relation can instead be based on the perceived threat against own units. We describe how the equivalence classes induced by such relations could be used to improve the visualization of threat analysis systems. User interaction can also be used to refine the equivalence classes; we argue that such interaction will be essential for international operations where it is difficult to define actors and targets.

P21. Katarina Johansson och Birgitta Kylesten. *Hur ser verkligheten ut under internationella missioner? - metod och inledande resultat med syfte att koppla samman militär verklighet och forskning*. FOI Metodrapport FOI-R—1866--SE, december 2005.

**Abstract:** Rapporten redovisar en metod och inledande resultat från intervjuer och enkäter med tolv officerare som deltagit i internationella missioner. Utgångspunkten har varit teorier om beslutsfattande i dynamiska situationer. Syftet med studien var att på sikt kunna ge en beskrivning av militära chefers verklighet under utlandstjänst.

Studien har utvecklat en metod utifrån flera inspirationskällor och metoder (Klein et al., 1989; Kylesten, 2005, 2006; Wong, 2005). Det inledande resultatet innefattar beskrivningar av arbetssituation och uppgifter. Den framtagna och använda metoden fungerade väl, för att beskriva arbetssituationen. Dock finns det ett behov av att utreda hur studiens resultat kan påverka den fortsatta teknikforskningen.

P22. Katarina Johansson och Birgitta Kylesten. *Hur ser verkligheten ut under internationella missioner?- en explorativ beskrivning för ökad domämförståelse*. FOI Användarrapport FOI-R—1953—SE, mars 2006.

**Abstract:** Denna rapport är ett steg i förmedling av resultaten från en beskrivande studie med funktionellt perspektiv av arbetssituation och uppgifter under internationella missioner. Tolv officerare deltog genom intervjuer och enkäter i studien. Utvecklad metod för studiens genomförande har redovisats i en tidigare rapport (Johansson & Kylesten, 2005).

Resultatet redovisas i form av beskrivningar av bland annat extraordinära händelser, vardagligt arbete, informationsnätverk och svårigheter. Rapporten skall kunna användas som ett verktyg och hjälpmedel inom bland annat teknikforskningsprojekt för att skapa en ökad domämförståelse och möjlighet till tillämpning av denna kunskap. Förslag ges på vidare forskning för att utöka beskrivningarna och tillhörande informationsnätverk som kan bidra till förbättringar av officerares arbetssituation och beslutstödsystem.

P23. Ronnie Johansson. *Large-Scale Information Acquisition for Information Fusion*. Doktorsavhandling TRITA-CSC-A 2006:2, KTH, mars 2006 (Även registrerad som FOI-S--2218—SE).

**Abstract:** The purpose of information acquisition for data and information fusion is to provide relevant and timely information. The acquired information is integrated (or fused) to estimate the state of some environment. The success of information acquisition can be measured in the quality of the environment state estimates generated by the data and information fusion process.

In this thesis, we introduce and set out to characterise the concept of large-scale information acquisition. Our interest in this subject is justified both by the identified lack of research on a holistic view on data and information fusion, and the proliferation of networked sensors which promises to enable handy access to a multitude of information sources. We identify a number of properties that could be considered in the context of large-scale information acquisition. The sensors used could be large in number, heterogeneous, complex, and distributed. Also, algorithms for large-scale information acquisition may have to deal with decentralised control and multiple and varying objectives.

In the literature, a process that realises information acquisition is frequently denoted sensor management. We, however, introduce the term perception management instead, which encourages an agent perspective on information acquisition. Apart from explicitly inviting the wealth of agent theory research into the data and information fusion research, it also highlights that the resource usage of perception management is constrained by the overall control of a system that uses data and information fusion.

To address the challenges posed by the concept of large-scale information acquisition, we present a framework which highlights some of its pertinent aspects. We have implemented some important parts of the framework. What becomes evident in our study is the innate complexity of information acquisition for data and information fusion, which suggests approximative solutions.

We, furthermore, study one of the possibly most important properties of large-scale information acquisition, decentralised control, in more detail. We propose a recurrent negotiation protocol for (decentralised) multi-agent coordination. Our approach to the negotiations is from an axiomatic

bargaining theory perspective; an economics discipline. We identify shortcomings of the most commonly applied bargaining solution and demonstrate in simulations a problem instance where it is inferior to an alternative solution. However, we can not conclude that one of the solutions dominates the other in general. They are both preferable in different situations. We have also implemented the recurrent negotiation protocol on a group of mobile robots.

We note some subtle difficulties with transferring bargaining solutions from economics to our computational problem. For instance, the characterising axioms of solutions in bargaining theory are useful to qualitatively compare different solutions, but care has to be taken when translating the solution to algorithms in computer science as some properties might be undesirable, unimportant or risk being lost in the translation.

P24: Christian Mårtenson och Mikael Brännström. *Enhancing situational awareness by exploiting wiki technology*. Seminariet "CIMI 2006" (Civil & Militär Beredskap), Enköping 16-18 maj 2006 (Även utgiven som FOI-S—2160—SE, juni 2006):

**Abstract:** A wiki site is a web site on which it is possible for anyone to create and edit content using an ordinary web browser. This enables easy information sharing and encourages users to contribute and share responsibility for a common knowledge base. A good example of the power of the wiki technique is the web-based free encyclopedia called Wikipedia, which currently contains around one million articles, contributed by people all over the world. In this work, we detail a number of example scenarios where the robustness and simplicity of a wiki would be highly beneficial for structuring and sharing information within the context of command and control. The examples range from every-day multi-agency collaboration to crisis management and military operations. We also describe our current work on implementing a military wiki, called MilWiki KB, and discuss a number of possible extensions that would further enhance the usability of the wiki.

P25: Pontus Svenson och Christian Mårtenson. *SB-Plan: Simulation-based support for resource allocation and mission planning*. Seminariet "CIMI 2006" (Civil & Militär Beredskap), Enköping 16-18 maj 2006 (Även utgiven som FOI-S—2161—SE, juni 2006).

**Abstract:** In future as well as in current military operations, it is important to allocate resources (sensors, weapons, personnel) to various tasks as good as possible. In the service-oriented architecture of the network-based defence, many requests for, e.g., sensor coverage will be made by commanders in the field. Choices must be made regarding which of these to fulfill, since we only have access to a limited number of resources. In order to facilitate this process, it is necessary to have policies and methodologies that determine who controls which resource at what time and under what circumstances. It is also necessary to have planning tools that help the responsible commander choose between different allocations. In this paper, we describe ongoing research on such a tool that uses simulation of possible futures in order to help commanders make their choices. A simple prototype which uses Monte Carlo simulation of equivalence classes of futures to evaluate different sensor allocation schemes was demonstrated in November 2005 and will be described here. We will also discuss how so-called mixed-initiative interaction can be utilized to improve the result. Mixed-initiative interaction is a relatively new paradigm where the emphasis is placed on the collaborative work between the human operator and the computer system. Since it is unlikely that a completely automatic system for resource allocation is feasible (or desirable), we believe that mixed-initiative interaction will be an important component of all future planning systems.

Simulation-based planning is not restricted to only allocation of sensor resources. When faced with multiple requests for other resources (for example, soldiers), it is important for the responsible commander to be able to quickly evaluate the merits of granting the various requests. Today, this evaluation is done completely by humans discussing. We believe that systems such as SB-Plan could be a useful tool to aid the human decision-making in these cases.

P26: Pontus Svenson. *Force aggregation for OOTW: classification based on capabilities*. Seminariet "CIMI 2006" (Civil & Militär Beredskap), Enköping 16-18 maj 2006 (Även utgiven som FOI-S—2162—SE, juni 2006).

**Abstract:** In operations other than war, we face many different kinds of opponents: clans, gangs, terrorists, guerillas and militias. Most of these opponents do not have a detailed organizational structure, and can hence not be analyzed and described using standard military hierarchical doctrines for units. Thus, methods previously developed for force aggregation do not work. In this paper, we describe an alternative method that uses descriptions of the *capabilities* that an object or group of objects possess in order to assign meaningful labels to them. This paper will describe the background of the method and discuss some extensions of it. A demonstration of the method is planned for September 2006. The output of the method is useful for reducing the amount of information displayed to the users as well as for use in threat analysis and planning systems. Modern systems for handling

intelligence and providing a common operating picture will need to implement *aggregation* features. Aggregation is a means for reducing the amount of information displayed to a user, so that it is easier to process it. It consists of two steps: first objects that belong together must be grouped (“clustered”) so that they can be represented by one symbol on the display. Second, a meaningful label must be attached to the created group. Allowing this label to depend on the capabilities that the group has will help users achieve situational awareness. The labels based on capabilities can also be used for threat analysis modules, which determine what possible goals the enemy might have given the capabilities that we observe among them.

Capabilities can be determined in several different ways. In some cases, advanced signal processing will be able to directly determine that, *e.g.*, a group has a truck. We believe, however, that the most important source of intelligence used by the method will come from human observers (HUMINT).

P27. Tomas Berg och Mikael Brännström. *Erfarenheter av MilWiki under Demo 06 Vår*. FOI Memo 1711, 2006.

P28. Pontus Hörling (red), Christian Mårtenson, Johan Schubert, Robert Suzić och Pontus Svenson. *A survey of some Information Fusion research fields applicable in Operations Other Than War*. FOI Användarrapport FOI-R—2000—SE, juni 2006.

**Abstract:** During a decade, information fusion within the military domain has focussed on putting together a situation picture from the “battle field” where an enemy, known regarding organisation and doctrine, is moving ahead. Clustering and association of observation reports, target tracking and management of sensors and other information collecting resources were prioritised.

Today’s situation where Swedish military personnel are expected to act abroad in peace supporting and peace enforcing missions (OOTW – Operations Other Than War) means that the information that is gathered often have a more police than military type of character. It is important too keep contact with the local police and inhabitants, as well as being able to handle riots if needed. Intelligence gathered by humans (Humint) will often be more important than intelligence gathered with sensors. An important intelligence source will be the observations from the soldier’s daily patrolling. The adversary is more diffuse regarding organisation, resources and intentions. The information that is available when the mission is commenced, as well as that collected during an ongoing mission must be structured and made searchable in an efficient way.

This report briefly describes the current state-of-the-art within selected areas of information fusion related research that has a potential to support OOTW. Various approaches to text mining, information structuring using wiki technology, uncertainty handling in ontology design, new aspects on user-centric situation awareness, riot simulation and riot control are described.

P29. Johan Schubert. *Managing decomposed belief functions*. Proceedings of the Eleventh International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems (IPMU’06), Paris, France, 2-7 July 2006. Éditions E.D.K., Paris, 2006, pp. 1428-1435 (Även utgiven som FOI-S—2164—SE, augusti 2006).

**Abstract:** In this paper we develop a method for clustering all types of belief functions, in particular nonconsonant belief functions. Such clustering is done when the belief functions concern multiple events, and all belief functions are mixed up. Clustering is performed by decomposing all belief functions into simple support and inverse simple support functions that are clustered based on their pairwise generalized weights of conflict, constrained by weights of attraction assigned to keep track of all decompositions. The generalized conflict  $c \in (-\infty, \infty)$  and generalized weight of conflict  $J \in (-\infty, \infty)$  is derived in the combination of simple support and inverse simple support functions.

P30. Robert Suzić och Pontus Svenson. *Capabilities-based plan recognition*. Proceedings of the Ninth International Conference on Information Fusion (FUSION 2006), Florence, Italy, 10-13 July 2006. IEEE, Piscataway, NJ, 2006, Paper 242, pp. 1-7. (Även utgiven som FOI-S—2263—SE, augusti 2006).

**Abstract:** The new types of opponents and new kinds of situations that the Swedish defence forces are facing today calls for new information fusion methods. In order to provide commanders with the ability to predict the enemy’s future actions, tools for automatic plan recognition are needed. In this paper, we take the first step towards constructing such a method based on recognizing plans using information about the capabilities of the enemy. The method combines our previous work on plan recognition using bayesian networks based on comparing enemy movements to their doctrines and methodology for force aggregation using capabilities. We describe how the plans of the enemy are built up so that their intended effects are achieved. The relations between these, their resources and the context in which

they are acting are used to construct the plan recognition network. We discuss the need for including termination states in the plan recognition method and describe ontologies that are aimed to support the construction of the bayesian networks needed for capabilitybased plan recognition. We conclude with a discussion of possible extensions of the method.

P31. Pontus Svenson. *Complex networks and social network analysis in information fusion*. Proceedings of the Ninth International Conference on Information Fusion (FUSION 2006), Florence, Italy, 10-13 July 2006. IEEE, Piscataway, NJ, 2006, Paper 80, pp. 1-7 (Även utgiven som FOI-S—2262—SE, augusti 2006).

Abstract: Complex networks has recently emerged as an independent area of study. It has connections to random graph theory from mathematics as well as to social network analysis and recent work by physicists interested in understanding the behaviour of large, interacting networks. Network models are important for information fusion in two manners. First, the command and control networks of distributed information fusion systems must be designed in such a way that they are both robust against failures and attacks and so that information spreads quickly in them. Second, network models and social network analysis is an important tool to use when analyzing the opponents facing us in international operations. In this paper, we describe the basics of complex network models and point out how they can be used for both these purposes. By simulating several different network architectures, it will be possible to choose the best.

P32. Per Svensson. *On reliability and trustworthiness of high-level fusion-based decision support systems: basic concepts and possible formal methodologies*. Proceedings of the Ninth International Conference on Information Fusion (FUSION 2006), Florence, Italy, 10-13 July 2006. IEEE, Piscataway, NJ, 2006, Paper 51, pp. 1-8 (Även utgiven som FOI-S—2261—SE, augusti 2006).

Abstract: The paper summarizes the result of a literature study of robust uncertainty management methodologies, carried out to indicate options available in the design and construction of trustworthy decision support systems based on high-level information fusion methods. Among the candidate methodologies briefly discussed for creating trustworthy decision support are robust Bayesian statistics, imprecise probabilities and sensitivity analysis of simulation models. However, few reports of the application of such techniques in information fusion software systems were found.

P33. Johan Schubert och John Cantwell. *Computationally Efficient Multiple Hypothesis Association of Intelligence Reports*. Proceedings of the Ninth International Conference on Information Fusion (FUSION 2006), Florence, Italy, 10-13 July 2006. IEEE, Piscataway, NJ, 2006, Paper 276, pp. 1-6 (Även utgiven som FOI-S—2256—SE, augusti 2006).

Abstract: In this paper we develop a computationally efficient multiple hypothesis association algorithm for generation of alternative association hypotheses regarding cluster memberships of intelligence reports represented as belief functions. We have previously an  $O(N^2K^2)$  clustering algorithm using a measure of pairwise conflicts, and a fast algorithm for classification of clusters using a more advanced measure. As these measures are similar but not identical and may have different minima we generate additional multiple association hypotheses around the solution found by the clustering algorithm. These hypotheses may then be evaluated by the classification algorithm in order to find the best overall classification of all clusters. In order to maintain the computational complexity we will investigate algorithms that run in no worse than  $O(N^2K^2)$  time.

P34. Tomas Berg, Pontus Hörling, Birgitta Kylesten, Michael Malm, Christian Mårtenson, Pontus Svenson, Per Svensson och Johan Walter. *User centric situation awareness in asymmetric operations – Assessing adversary intent and future events*. FOI Användarrapport FOI-R—2052—SE, september 2006.

Abstract: We present two ideas on how observations and intelligence information in an asymmetric conflict scenario could be used for increased situation awareness:

1. Capabilities-based force aggregation – A method for assessing the intent of the adversary based on its observed resources.
2. Designing and using the so-called Impact matrix – A method for estimating the probability that certain hypothetical events will take place.

These ideas have been illustrated with prototype software demonstrators presented during september 2006.

P35. Robert Suzić. *Stochastic Multi-Agent Plan Recognition, Knowledge Representation and Simulations for Efficient Decision Making*. Doktorsavhandling TRITA-CSC-A 2006:21, KTH, november 2006 (Även registrerad som FOI-S—2385—SE).

**Abstract:** Advances in information technology produce large sets of data for decision makers. In both military and civilian efforts to achieve *decision superiority*, decision makers have to act agilely with proper, adequate and relevant information available. Information fusion is a process aimed to support decision makers' situation awareness. This involves a process of combining data and information from disparate sources with *prior* information or knowledge to obtain an improved state estimate about an agent or other relevant phenomena.

The important issue in decision making is not only assessing the current situation but also envisioning how a situation may evolve. In this work we focus on the *prediction* part of decision making called *predictive situation awareness*. We introduce new methodology where simulations and plan recognition are tools for achieving improved predictive situation awareness.

*Plan recognition* is the term given to the process of inferring an agent's intentions from a set of actions and is intended to support decision making. Beside its main task that is to support decision makers' predictive situation awareness, plan recognition could also be used for coordination of actions and for developing computer-game agents that possess cognitive ability to recognize other agents' behaviour.

Successful plan recognition is heavily dependent on the data that is supplied. Therefore we introduce a *bridge* between plan recognition and sensor management where results of our plan recognition are reused to the control of, to give *focus of attention* to, the sensors that are expected to acquire the most important/*relevant* information.

Our methodologies include knowledge representation, embedded stochastic simulations, microeconomics, imprecise knowledge and statistical inference issues.

P36. Per Svensson and Johan Schubert. *Special Issue on the Seventh International Conference on Information Fusion-Part I*. The seventh international conference on information fusion (Guest editorial). *Information Fusion*, 7(4), december 2006, pp 342-345 (Registrerad som FOI-S--2391—SE, november 2006).

**Abstract:** This special issue of the journal *Information Fusion* consists of a few selected, substantially extended, and thoroughly revised papers from among the many that were originally presented at FUSION 2004, the Seventh International Conference on Information Fusion held 28 June 1 July 2004 in Stockholm, Sweden (<http://www.fusion2004.org>). This series of conferences was started in 1998, almost coincident with the founding of their sponsoring professional society, the International Society of Information Fusion (<http://www.isif.org>). The FUSION 2004 conference received 279 original submissions. Each submission was reviewed by at least three reviewers and 171 papers were accepted for the conference.

From a set of the highest ranked papers that came out of the conference review process, the guest editors selected those papers they found most interesting and innovative and invited their authors to submit an extended version for regular review with the journal. Each article was reviewed by three reviewers according to the journal's standards. Based on this rigorous journal peer-review process, all the papers were further revised to satisfactorily address the reviewer comments. One of the papers is co-authored by the guest editors and was handled by the Editor-in-Chief. Eventually, thirteen papers were accepted for this special issue.

What does emerge from these accounts is that information fusion, after a few years as an emerging research area and community, today is able to present a wide range of not only interesting but also quite mature applications and a no less broad palette of relevant methodologies. Classical methods, such as Kalman filtering, are finding new useful variants and applications (such as evidenced in the papers by Bilenne and Koch) and new methodological approaches claim their grounds (as shown, e.g., by the paper by Thorsen and Oxley on the use of category theory in information fusion performance assessment). Bridges are built across previously non-negotiable methodological gorges, such as shown by the paper by Smets and Ristic, where the problem of joint tracking and classification is successfully treated using a new methodological combination of belief function theory and Kalman filtering. In addition, solid cross-disciplinary links between information fusion and robotics (see, e.g., the paper by Makarenko and Durrant-Whyte) are being established, as between information fusion and database technology (Chang, Jungert and Li). Doherty, Lukaszewicz and Szalas reveal another somewhat unexpected link in their paper, which uses rough sets to manage uncertain information in a complex real-world application, achieving intelligent behaviour from an unmanned vehicle required to maneuver in a complex environment....(Cont'd).

P37. Simon Ahlberg, Pontus Hörling, Katarina Johansson, Karsten Jöred, Hedvig Kjellström, Christian Mårtenson, Göran Neider, Johan Schubert, Pontus Svenson, Per Svensson och Johan Walter. *An information fusion demonstrator for tactical*

*intelligence processing in network-based defense*. Information Fusion 8(1), januari 2007, pp. 84-107 (Special Issue on the Seventh International Conference on Information Fusion-Part II). Se även <http://dx.doi.org/10.1016/j.inffus.2005.11.002>.

Abstract: The Swedish Defence Research Agency (FOI) has developed a concept demonstrator called the Information Fusion Demonstrator 2003 (IFD03) for demonstrating information fusion methodology suitable for a future Network Based Defense (NBD) C4ISR system. The focus of the demonstrator is on real-time tactical intelligence processing at the division level in a ground warfare scenario. The demonstrator integrates novel force aggregation, particle filtering, and sensor allocation methods to create, dynamically update, and maintain components of a tactical situation picture. This is achieved by fusing physically modelled and numerically simulated sensor reports from several different sensor types with realistic a priori information sampled from both a high-resolution terrain model and an enemy organizational and behavioral model. This represents a key step toward the goal of creating in real time a dynamic, high fidelity representation of a moving battalion-sized organization, based on sensor data as well as a priori intelligence and terrain information, employing fusion, tracking, aggregation, and resource allocation methods all built on well-founded theories of uncertainty. The motives behind this project, the fusion methods developed for the system, as well as its scenario model and simulator architecture are described. The main services of the demonstrator are discussed and early experience from using the system is shared.

P38. Tomas Berg, Christian Mårtenson och Pontus Svenson. *A brief introduction to text mining and related techniques*. FOI Användarrapport. Beräknas tryckas i januari 2007.

#### **Nedan listas övriga referenser som [författare år].**

[Abrahamsson et al 2006] Bengt Abrahamsson, Robert Egnell och Karl Ydén. *Effects Based Operations. Military Organization and Professionalisation*. Swedish National Defence College (2006), ISBN 91-85401-37-4.

[Carlsen et al 2006] Henrik Carlsen, Christian Carling och Anders E Eriksson. *EBO och effektbaserat tänkande i internationell konflikthantering*. FOI-R—1990—SE, 2006.

[Chaloupek 2003] John Chaloupek. *Improved Crowd Control Utilizing a Distributed Genetic Algorithm*. Center for Technology-Enhanced Learning, University of Missouri-Rolla, MO, USA, 2003.

[data-fusion] <http://www.data-fusion.org>

[Dixon and Reynolds 2003] Davis S. Dixon and William N. Reynolds. *The BASP Agent-Based Modeling Framework: Applications, Scenarios and Lessons Learned*. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences, Track 3, Vol. 3, p. 93.3, Hawaii, USA, 6-9 January 2003. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2003.

[DSTO 1994] Defence Science and Technology Organization, Data Fusion Special Interest Group. Department of Defence, Australia. *Data fusion lexicon*. September 1994.

[Endsley et al 2003] Mica R. Endsley, Betty Bolté and Debra G. Jones. *Designing for Situation Awareness*. Taylor & Francis, ISBN 0-7484-0966-1 (2003).

[Fusion 2004] <http://www.fusion2004.org>

[Graves et al 2000] Todd Graves, Rick Picard, and Stephen Upton. *Improving Rule Bases for Agent Based Simulations*. Project Albert, Marine Corps Warfighting Laboratory, United States Marine Corps Combat Development Command, Quantico, VA, USA, 2000.



[JDL 1991] U.S. Department of Defense, Data Fusion Subpanel of the Joint Directors of Laboratories, Technical Panel for C3. *Data fusion lexicon*. 1991.

[Johansson och Mårtenson 2006] Katarina Johansson och Christian Mårtenson. *Mixed-initiative-interaktion för militära beslutsstödssystem*. FOI Memo 1864, oktober 2006.

[Kindvall 2005] Göran Kindvall. *Effektbaserade operationer*. FOI-R—1454—SE, 2005.

[Llinas 2004] James Llinas, Christopher L. Bowman, Galina Rogova, Alan N. Steinberg, Edward Waltz, and Franklin E. White, Jr. *Revisiting the JDL data fusion model II*. In: P. Svensson, J. Schubert (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Information Fusion (FUSION 2004)*, Vol. 2, Stockholm, Sweden, 2004, pp. 1218-1230. Se även <http://www.fusion2004.foi.se/papers/IF04-1218.pdf>.

[OpenGIS 2000] OpenGIS Consortium. *Geospatial fusion services testbed*. The Open GIS Consortium (OGC), Wayland, Ma, USA, 2000.

[Smith 2003] Edward A. Smith. *Effects Based Operations - Applying network centric warfare in peace, crisis, and war*. CCRP Publishing Series (2003). ISBN 1-893723-08-9. Se även [http://www.dodccrp.org/html3/pubs\\_download.html](http://www.dodccrp.org/html3/pubs_download.html).

[Steinberg 1998] Alan N. Steinberg, Christopher L. Bowman, Franklin E. White, Jr. *Revisions to the JDL Data Fusion Model*. In *Proceedings of the Third NATO-IRIS Joint Symposium, 19-23 October 1998, Quebec City, Canada*. Reprinted in: B.V. Dasarathy (Ed.), *Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications III*, *Proceedings of the SPIE Vol. 3719*, 1999, pp. 430-441.

[Steinberg 2004] Alan N. Steinberg, and Christopher L. Bowman. *Rethinking the JDL data fusion model*. In *Proceedings of the 2004 MSS National Symposium on Sensor and Data Fusion*, Vol. 1, 7-11 June 2004, Laurel, MD, USA. Johns Hopkins Applied Physics Laboratory Laurel, MD, 2004.

[Suzić and Wallenius 2005] Robert Suzić and Klas Wallenius. *Effects Based Decision Support for Riot Control: Employing Influence Diagrams and Embedded Simulation*. In *Proceedings of the 1st IEEE Workshop on Situation Management (SIMA 2005)*, Atlantic City, NJ, USA, 17 October 2005. IEEE, Piscataway, NJ, 2005.

[Suzić 2006] Robert Suzić. *Embedded Simulation Systems for Network Based Defense*. FOI-R--1828—SE, 2006.

[Svensson 2002] Per Svensson (red). *Teknisk översikt och prognos 2002-2020 för området Informationsfusion*. FOI-R—0798—SE, januari 2003.

[Wald 1998] L. Wald. *A European proposal for terms of reference in data fusion*. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXII, Part 7, 651-654, 1998, or Wald L., *Some terms of reference in data fusion*. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 37, 3, 1190-1193, 1999.

[White 1987] Franklin E. White, Jr., *Data Fusion Lexicon*. Joint Directors of Laboratories, Technical Panel for C3, Data Fusion Sub-Panel, Naval Ocean Systems Center, San Diego, 1987.

[White 1988] Franklin E. White, Jr. *A model for data fusion*. In *Proceedings of the First National Symposium on Sensor Fusion*, Vol. 2, Orlando, FL, USA, 5-8 April 1988. Guidance and Control Information Analysis Center, IIT Research Institute, Chicago, 1988, pp. 143-158.