



Omvärldsmodellering – årsrapport 2010

GUSTAV TOLT, PETER FOLLO

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



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Informationssystem
Box 1165
581 11 Linköping

Tel: 013-37 80 00
Fax: 013-37 81 00

www.foi.se

FOI-R--3091--SE Användarrapport
ISSN 1650-1942 December 2010

Informationssystem

Gustav Tolt, Peter Follo

Omvärldsmodellering – årsrapport 2010

Titel	Omvärldsmodellering – årsrapport 2010
Title	Natural environment modeling – year report 2010

Rapportnr/Report no	FOI-R--3091--SE
---------------------	-----------------

Rapporttyp Report Type	Användarrapport
---------------------------	-----------------

Sidor/Pages	20 p
-------------	------

Månad/Month	December
-------------	----------

Utgivningsår/Year	2010
-------------------	------

ISSN	ISSN 1650-1942
------	----------------

Kund/Customer	FM
---------------	----

Projektnr/Project no	E3078
----------------------	-------

Godkänd av/Approved by	
------------------------	--

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut

Avdelningen för Informationssystem

Box 1165

581 11 Linköping

FOI, Swedish Defence Research Agency

Information Systems

Box 1165

SE-581 11 Linköping

Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar verksamheten 2010 inom projektet Omvärldsmodellering. Projektet syftar till att identifiera områden där FoU-insatser bedöms särskilt relevanta för ökat nyttiggörande av 3D-omvärldsmodeller och geodata för FM. Till skillnad från tidigare projekt är tyngdpunkten inte längre på utveckling av metoder för automatisk sensordataanalys, utan på frågor kring hur existerande och kommande tekniska landvinningar inom området kan utnyttjas så effektivt som möjligt för att stödja FM.

Grunden för årets arbete är den inventering av behov och möjligheter rörande omvärldsmodeller som genomfördes 2009. I denna identifierades några särskilt angelägna frågeställningar. I det kortare perspektivet finns främst tre områden som vi bedömer harmonierar särskilt väl med FMs ambitioner. Ett område rör utveckling av förmågan att i insatsområde samla in geodata och skapa 3D-modeller från markbundna sensorplattformar, i kontrast till tidigare fokus på flygburna sensorer. Ett mindre fältförsök har genomförts i Eksjö, tillsammans med personal från Ing 2 och ett antal andra (sensororienterade) FoT-projekt, i syfte att samla in multisensordata och få till stånd en dialog med personal knutna till FMs Geosupportgrupper (GeoSG) och därigenom få insikt i FMs behov och önskemål knutna till området och låta FMs personal som arbetar med geodata ta del av de senaste resultaten från FOI.

En annan frågeställning avser effektiv distribution av 3D-modeller och geodata. Sammankoppling av flera system som ska verka inom samma geografiska område, antingen fysiskt eller virtuellt (t ex inom Nationellt Träningsnätverk, NTN), kräver en teknisk infrastruktur som möjliggör flexibel hantering av geografiskt underlag. För att stötta FM i sådana frågor har arbete under året inletts med utveckling av en databas/server-plattform för geodataförsörjning. Den baseras på öppna standarder (OGC), av det slag som allt fler kartmotorer och ledningssystem kan tillgodogöra sig. Plattformen kommer primärt att nyttjas inom ett internt M&S-projekt på FOI (Simuleringsbaserad krishantering) men ambitionen är att kunna nyttiggöra såväl kompetens som teknik inom ramen för NTN.

Ett tredje område rör användning av omvärldsmodeller av urbana miljöer som beräknings- och analysunderlag, i kontrast till modeller för ren visualisering. Flera verksamheter, inte minst inom FoT, ser ökade behov av och möjligheter med att göra analyser i 3D för att förbättra kvaliteten eller upplösningen på t ex simuleringar. Nu måste olika användare ofta själva uppfinna egna särlösningar för att hantera sina 3D-modeller och har begränsade möjligheter att använda andras modeller. Projektet undersöker därför hur nya och kommande standarder för representation av 3D stadsmodeller (t ex CityGML) kan användas för detta ändamål.

Projektet har även finansierat Sveriges/FOIs deltagande i NATO-gruppen SET-118 ”3D Modelling of Urban Terrain”. En sammanfattning av gruppens arbete ges i denna rapport, med fokus på dess nytta för FM.

Summary

This report summarizes the activities within the project Environment Modelling during 2010. The project aims at identifying areas where R&D is considered especially relevant for increased exploitation of 3D environment models and geographic data for the Swedish Armed Forces (SwAF). Unlike previous projects the emphasis is no longer on development of methods for automatic sensor data analysis, but on questions on how existing and future technological progress in the area can be used as efficiently as possible to support the SwAF.

The investigation of needs and possibilities concerning environment models carried out 2009 has formed the basis for this year's work, and a some issues have been identified as particularly important for the future. In the short-term, we consider three areas that correspond particularly well to the ambitions of SwAF. One concerns the development of the ability to gather geographic data and create 3D models in a mission area from ground sensor platforms, in contrast to the previous focus on airborne sensors. A limited field trial was performed in Aksjö together with personnel from Ing 2 and a number of sensor-oriented R&D projects, the purpose being to collect multi-sensor data and establish a dialogue with the Geo Support Group within the SwAF, thereby getting insight into needs and demands.

Another area concerns efficient distribution of 3D models and geographic data. Connecting several systems operating in the same geographical region, physically or virtually, requires a technical infrastructure that enables flexible handling of geodata. In order to support the SwAF in this matter, work has been initiated on the development of a database/server platform for geodata support. It is based on open standards (OGC) that gain increased support by map engines and C² systems. The primarily short-term use of the platform is within an internal M&S project at FOI (Simulation-based crisis management) but the ambition is to be able to exploit competence and technology within the SwAF Training Network (NTN).

A third area concerns the utilization of environment models of urban terrain for physical computations and analysis, in contrast to 3D models for visualization purposes "only". Several R&D activities envision increased needs for and possibilities of making analyses in 3D, e.g. in order to improve the quality or granularity of simulations. Currently, users are often forced to invent their own ways of representing 3D data and then only have limited possibilities of using someone else's models. Therefore, this project investigates how new and emerging standards for representation of 3D urban models (e.g., CityGML) can be used for this purpose.

The project has also financed Sweden's/FOI's participation in the NATO group SET-118 "3D Modelling of Urban Terrain". A summary of the group's work is given in this report, with focus on activities especially relevant for the SwAF.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Omvärldsmodeller för FM	7
1.2	Om projektet.....	8
2	Behov och möjligheter rörande FoU	9
2.1	Omvärldsmodellering i och av insatsområden.....	9
2.2	Effektiv geodatahantering	10
2.3	"Nyttan med 3D"	12
2.4	3D-modellers kvalitet	13
2.5	3D-modeller för analys och beräkningar	14
2.6	Sensordatafusion för bättre modeller.....	15
3	Omvärldsbevakning av "3D-området"	16
4	NATO SET-118	17
5	Samverkan, kompetensspridning	18
6	Fortsatt verksamhet	19

1 Inledning

1.1 Omvärldsmodeller för FM

Inom försvarsrelaterad modellering och simulering spelar modeller av den naturliga omgivningen, såsom omvärldsmodeller, taktiska omvärldar eller syntetiska naturliga omgivningar (SNO), en central roll. De bildar den gemensamma "spelplan" där simulerade operationer och interaktioner äger rum. Det grundläggande innehållet i modellerna är olika typer av relevanta element från den naturliga omgivningen, geografisk information, såsom markmodeller (topografi), naturliga objekt (t ex träd) konstruerade objekt (t ex byggnader, broar och vägar), samt egenskaper för dessa (t ex geometri och material). Vidare kan också texturer i form av visuella foton inkluderas för att öka realismen och ge användare av modellerna en ökad närvarokänsla eller förståelse för det aktuella terrängavsnittet. Den faktiska omfattningen och innehållet i modellerna varierar mellan olika tillämpningar och med de funktioner som ska realiseras, t ex 3D-visualisering, simulering av sensorer och sensornätverk, bekämpning, spårbildning, gasspridning, dygns- och årstidsvariationer och datorstyrda stridskrafter (Computer Generated Forces).

Framställning av omvärldsmodeller sker normalt genom bearbetning och integration av data såsom digitala kartor, höjddatabaser, laserradardata, flyg- och satellitbilder, objektmodeller (byggnader, fordon, broar, etc) och olika typer av materialdatabaser. Materialdatabaserna kan innehålla data som beskriver fysikaliska egenskaper som är relevanta för elektromagnetisk och akustisk vågutbredning (reflektion, dämpning, spridning, osv), egenskaper för mekanisk hållfasthet, värmeledning, osv. Dessa data är nödvändiga för att simulera t ex sensor- och sensornätfunktioner, vapenverkan, rök- och gasmoln eller spårbildning efter fordon, i den omvärld som beskrivs av modellen.

Under det senaste decenniet har förutsättningarna för att framställa omvärldsmodeller förbättrats avsevärt. Inte minst har omvärldsmodelleringsprojekten inom FOIs M&S-verksamhet bidragit till detta. De senaste årens snabba teknikutveckling gör att mycket av den geografiska information som ligger till grund för 3D-modellerna idag kan extraheras snabbt och automatiskt ur egeninsamlad sensordata eller erhållas från någon extern leverantör. Teknikutvecklingen börjar nu nå en nivå där det är möjligt att med rimliga resurser hantera och utnyttja realistiska och komplexa omvärldsmodeller, t ex för hela städer. Nya behov och förväntningar hos medborgare avseende bl a 3D-modeller och visualisering har lett till ett växande antal tjänsteleverantörer och produkter relaterade till geografisk informationsförsörjning och 3D-modellering.

Geografisk information och omvärldsmodeller kan användas för att stärka FM förmåga på en rad områden, alltifrån planering och förövning inför en operation, till ledning, kommunikationsplanering, navigering, terränganalys, sensorsimulering, etc. Generellt kan man säga att goda tekniska förutsättningar gör att tillgången till, och förutsättningarna för att själv producera geografisk information och omvärldsmodeller idag är goda och inte längre det största problemet. De stora utmaningarna ligger nu snarare i själva användningen, tillämpningarna och kravställningen avseende geografisk information och omvärldsmodeller.

Olika tillämpningar ställer olika krav, behov och önskemål på modellerna (innehåll, detaljrikedom, upplösning, etc.) och det är således viktigt att kunna utforma modellerna på ett sätt som passar respektive tillämpning. Dessutom krävs system och metoder för effektiv hantering, distribution, lagring, etc. av geografisk information och omvärldsmodeller.

1.2 Om projektet

Det pågående omvärldsmodelleringsprojektet fokuserar på behovs- och kravbilden inom området, hur befintlig och kommande teknik matchas mot utmaningar som FM möter inom omvärldsmodelleringsområdet. Frågeställningar rörande automatisk extraktion av geografisk information ur sensordata som tidigare år utgjort verksamhetens tyngdpunkt får därför stå tillbaka till förmån för studier kring praktisk användning av geografisk information och omvärldsmodeller inom FM och stödmyndigheterna.

Det primära målet med projektet Omvärldsmodellering 2009-2011 är att identifiera särskilt intressanta områden knutna till omvärldsmodelleringsområdet där vidare forskning och utveckling skulle förbättra FMs förmåga på olika sätt. Utifrån dessa områden vidtas och föreslås sedan lämpliga åtgärder, i vissa fall kanske i form av projektförslag som utarbetas tillsammans med presumtiva slutanvändare inom FM, men också i form av visst mått av påbörjat implementationsarbete. Att undersöka förutsättningarna för transferprojekt tilldrar sig särskilt intresse.

Ett annat mål är att hålla sig ajour med teknikutvecklingen inom området, både vad avser state-of-the-art-metoder för geodataextraktion ur sensordata och standarder och format för distribution och lagring av dessa.

Arbetet syftar till att identifiera för FM särskilt angelägna områden samt få till stånd (ökad) verksamhet inom dessa, att stärka kopplingen mellan FoU och användarsidans perspektiv, att etablera nätverk och kontakter mellan FM, FMV och FOI och att verka för ökad kanalisering av FoU-resultat från FOI till FM.

Projektet bidrar till att öka FMs kunskap om hur omvärldsmodeller och geografisk information kan skapas och användas på olika sätt för FMs syften. Genom projektet får FM bättre förståelse för hur ny teknik inom området kan nyttiggöras och för vilka utmaningar som finns längs vägen. Som ett effektmål förutses en ökad samsyn och en mer samordnad och effektiv verksamhet inom området inom FM och stödmyndigheterna.

2 Behov och möjligheter rörande FoU

Med utgångspunkt från förra årets underlag (enkät, diskussioner, intervjuer) har projektet under 2010 fortsatt analysera områden där fortsatt FoU bedöms göra särskilt stor skillnad. Centrala aspekter är att identifiera forskningsfrågor, potentiella kunder och samarbetspartners. Arbetet sker med dialogpartners i form av representanter för olika verksamheter på FOI, FM, FMV och industrin, men även inom internationellt samarbete (NATO SET-118: "3D Modelling of Urban Terrain"). Nedan följer en beskrivning av de sex områden som utgjort fokus under året.

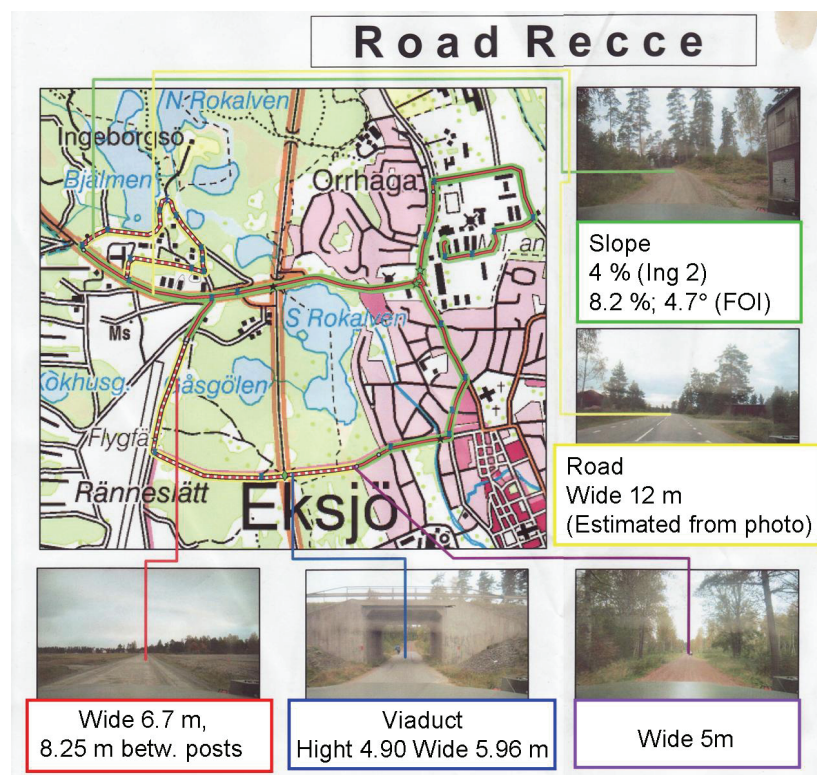
2.1 Omvärldsmodellering i och av insatsområden

För närvarande ses sannolikt mätningar med olika flygburna sensorer som den primära datainsamlingsprocessen för att skapa 3D-omvärldsmodeller, i kombination med befintligt kartmaterial. Laserskanning, flygfotografering, SAR och satellitbilder är de vanligast exemplen. Det finns dock ett antal faktorer som gör att markbundna mätningar som komplement till flygburna är relevanta att studera. För det första begränsar mätningar från luften möjligheten att se detaljer och extrahera vissa attribut. Från luften är det t ex fullt möjligt att detektera vägar och mäta deras bredd, men att tilldela dem mer detaljerade attribut som lutning, kvalitet, gupp, etc. utifrån fjärranalysdata är väldigt svårt. Ju mer sådan detaljerad geospecifik information modellen innehåller, desto bättre underlag utgör den för t ex ruttplanering, förövning inför insats (mission rehearsal), etc. För det andra bör komplement till flygburna mätningar studeras för de fall där personal finns på plats och de facto kan röra sig på marken (t ex Afghanistan).

Vi bedömer att geospecifika 3D-modeller skapade utifrån data från markplattformer i ett insatsområde skulle kunna användas i flera olika M&S-tillämpningar på FOI och tjäna som mer eller mindre direkt stöd till svensk trupp i området. Detta skulle innebära ett önskvärt steg vidare jämfört med dagens situation. Vi tror också att modellerna skulle ha potential att vara ett användbart hjälpmedel i samband med mission rehearsal eller överlämning mellan förband.

Under året har projektet därför börjat studera hur omvärldsmodellering i fält skulle gå till i praktiken, med små, enkla och billiga sensorer som kontrast till de större och mer komplicerade system som vanligtvis används för flygburna mätningar. Ett mindre fältförsök i Eksjö¹ har därför genomförts under året i samverkan med personal knutna till Geosupportgrupperna på Ing 2. Tillsammans med personal från ett antal andra FOI-projekt genomfördes en begränsande datainsamling med ett multisensorsystem bestående av ett stereokamerasystem, laserkamera, accelerometer, GPS och tröghetsnavigeringssystem. Syftet var att i kontakt med potentiella användare diskutera behov och metoder rörande vidareutveckling av omvärldsmodelleringskonceptet, t ex att extrahera missionsspecifika objektsattribut och -geometrier som komplement till de traditionella (markhöjd, vegetation, byggnader) och att dessutom undersöka hur man skulle kunna göra detta med enkla(re) sensorer snarare än dyra, komplicerade dedicerade karteringssystem. Mätningarna gav också tillfälle att diskutera med FM-personal med erfarenhet från utlandstjänstgöring hur FoT-verksamhet från flera sensororienterade projekt skulle kunna överföras till FM/Geosupportgrupperna, t ex vilken information som önskas, hur datainsamlingen kan och bör gå till, vad som bör automatiseras, och hur information representeras och lagras för att göras sökbar. Figur 1 visar en kartbild över området inom vilket försöket genomfördes, samt exempel på några nyckelobjekt med tillhörande attribut av det slag man önskar olika former av sensorstöd för att extrahera.

¹ Arbete med rapport från mätningarna pågår och bedöms bli klar första kvartalet 2011.



Figur 1. Kartbild från mätningarna i Eksjö, där några exempel på relevanta objektsattribut visas, t ex vägbredd, lutning, bredd, etc.

Exempel på önskvärda attribut är väglutning, vägkvalitet, vägbredd, höjd/bredd på tunnlrar, hinder längs/på vägen, siktförhållanden, etc. Förutom att tjäna som ett direkt stöd i samband med planering av operationer kan sådana attribut användas för att bygga upp mer realistiska modeller av insatsområden och nyttja dessa i olika M&S-tillämpningar.

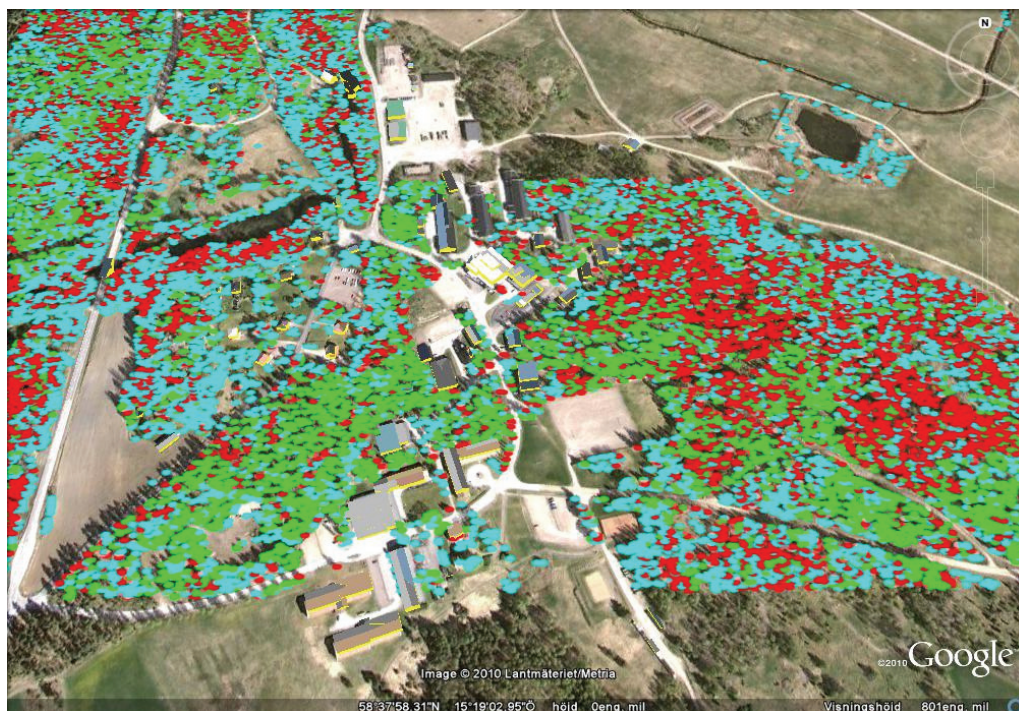
På sikt är det realistiskt att tänka sig ett scenario där attribut och geometrier som extraheras (automatiskt) utifrån data från sensorer på fordon i ett insatsområde nyttiggörs inom ramen för t ex Nationellt Träningsnätverk (NTN). Frågor kring format och standarder för och distribution av modeller i ett fleranvändarsystem blir då genast högaktuella.

2.2 Effektiv geodatahantering

I takt med att tekniken utvecklas och det blir allt lättare att samla in geografiska data ökar mängden information som måste hanteras, analyseras och distribueras. Tidigare kunde det kanske räcka med lösa hårddiskar och Excel-ark för att hålla reda på informationen. Så är inte fallet längre; då hela städer karteras på några timmar från luften kan det vara tiotusentals hus eller mer som skall hanteras, analyseras och distribueras. Till detta kommer samverkan med andra aktörer, som samlat in annan eller kompletterande geografisk information som man vill använda vid analysen. Lösningen på detta måste vara en hög grad av automation och interoperabilitet. Automation är för varje sensor och tillämpning närmast ett forskningsområde i sig och därmed svårt att generalisera. Interoperabilitet är däremot ett område där mycket kan generaliseras. Genom att använda öppna standarder kan data från olika källor sammanfogas och analyseras. Civilt pågår det mycket forskning och utveckling inom detta område (t ex OGC phase 4) och standarder för distribution av data (WMS, WCS, WFS-T, m fl), analys av data (WPS, m fl) och attributsättning av data (CityGML, PostGIS, m fl) växer fram och vinner allt mer mark. Standarderna möjliggör inte bara att mjukvaror kan kommunicera med varandra på ett transparent sätt – även organisationer både inom och utom landet kan göra detta.

Utvecklingen sker dock i huvudsak inom den civila arenan och är inte alltid tillfyllest för militära tillämpningar. Av den anledningen är det intressant att även överväga lösningar baserade på öppen mjukvara (Geoserver, Deegree, m fl). Tillgången till källkoden gör det möjligt att ta vid där den civila utvecklingen är idag och vidareutveckla denna för att passa militära behov. Det är viktigt att göra detta i samarbete med de organisationer som äger och utvecklar standarderna så att vidareutvecklingen kan införlivas i standarden.

Lösningen blir på det sättet mer spridd och långlivad då kommersiella mjukvaror som vill stödja standarden tvingas införa den funktionalitet som utvecklats. Ett område som särskilt behöver adresseras men som ligger utanför ramen för detta projekt är auktorisering, då merparten av de standarder som finns idag är utvecklade för publik spridning. Ett intressant spørsmål är hur man finkornigt reglerar hur, var, när och till vilka geografisk information sprids utan att det för den delen blir en signifikant belastning för användarna. En lösning på detta, införlivat i standarderna, kan sannolikt även komma den civila sektorn till nytta.



Figur 2. Exempel på Google Earth-visualisering av geodata från en server, med byggnader, träd och flygbildsmosaik. Punkterna visar enskilda träds estimerade position och färgen (turkos, röd eller grön) motsvarar trädslag. Byggnadsmodellerna är framtagna automatiskt utifrån laserdata och sparade som kml-filer. Genom att publicera data via en server kan olika användare ges behörighet att ta del av dessa och använda i sin tillämpning.

Inom projektet har därför under 2010 arbete påbörjats med en plattform för distribuering av geografisk information. Visionen är ta fram en plattform för att demonstrera hela kedjan från sensordatainhämtning/analys till användning av attributsatta data för M&S-tillämpningar eller ledningssystem, såväl civilt som militärt. Plattformen baseras så långt det är möjligt på öppen mjukvara och befintliga (och kommande) öppna standarder, för att kunna vara kompatibel med moderna kartmotorer och GIS. I sin nuvarande form kan plattformen leverera delar av de data som tagits fram inom tidigare omvärldsmodelleringsprojekt: 3D-byggnadsmodeller i kml-format, träd med attribut (position, höjd, bredd, typ) och flygfotomosaiker (se illustration i Figur 2). I princip kan även höjdbilder levereras men dessa har ännu inte lagts in eftersom det nuvarande visualiseringsprogrammet (Google Earth) inte stödjer detta.

Ambitionen är att plattformen skall kunna tjäna som utvecklingsplattform för vidareutveckling av befintliga standarder och mjukvaror och effektivisera användningen av geografiska data och 3D-modeller. Som bonus kommer plattformen att stödja

införandet av INSPIRE-direktivet² i Sverige och skulle i delar eller sin helhet kunna göras tillgänglig via Geodataportalen³. Internt FOI kan projekt/verksamheter såsom FOI MSC⁴-projekt Simuleringsbaserat krishanteringslab använda plattformen men även övriga projekt som skapar eller hanterar geografiska data kan dra nytta av den. Externt skulle den kompetens och de verktyg som byggs upp inom projektet kunna komma FM till gagn via t ex NTN och FMV SGIF (Snabb Geografisk Informationsförsörjning). Som ett konkret exempel skulle de 3D-omvärldsmodeller och geodata som FOI under flera år, i olika projekt, tagit fram för Norrköping och Kvarn via plattformen kunna göras åtkomliga för olika användare inom FM, FMV och FOI.

2.3 ”Nytta med 3D”

Eftersom en 3D-omvärldsmodell per definition är bättre skickad att representera den verkliga tredimensionella miljön är det naturligt att anta att en 3D-modell, rätt utnyttjad, har potential att vara ”bättre” än 2D data, t ex en vanlig karta eller fotografier. För många beräkningsändamål, t ex sensorsimulering eller flödesberäkningar, är nyttan oomtvistlig. Detta kan ses som *indirekt* nytta med 3D-modeller, där det finns ett gränssnitt mellan 3D-modellen och användaren i form av en eller flera beräkningsmoduler. Som kontrast till det kan man tala om *direkt* nytta, där en användare interagerar direkt med modellen och därigenom kan fatta bättre eller snabbare beslut, göra säkrare bedömningar, bilda sig en bättre lägesuppfattning, etc. Det talas idag ofta om hur samhället står inför en ”3D-revolution”, där kartor, navigationstjänster, 3D-displayer, 3D-modelleringsmjukvara, effektiva 3D-mätsystem, mm bidrar till ökat intresse för och exponering gentemot 3D-området. Att undersöka i vilka tillämpningar olika former av 3D-modeller faktiskt bidrar till att uppgifter kan lösas effektivare är därför av stor vikt, så att FoU-resurser kan läggas där de gör störst nytta. Något tillspetsat kan man säga att inom 3D-området är fortfarande ”wow-faktorn” ett starkt säljargument, men inom vilka tillämpningar, på vilka ledningsnivåer och i vilka system gör 3D-modeller verkligen skillnad?

I vissa fall är det långt ifrån säkert att en 3D-modell alltid är att föredra framför en enklare representation; man kan ofta bilda sig en nöjaktigt god förståelse för terrängen utifrån 2D data (bilder, kartor), eller kanske ibland endast utifrån enkla rapporter eller sammanfattande omdömen om ett terrängparti. Dessutom, om man inte har eller behöver någon information om terrängens variation i rummets tre dimensioner blir ett 3D-ramverk bara onödigt krångligt.

Under året har projektet deltagit i två workshops inom ramen för SGIF där bland annat frågor kopplade till 3D och geografisk information har diskuterats med representanter från FM, FMV och FOI. En erfarenhet från dessa är att diskussioner om ”3D” ofta leder till en lång rad frågor där teknik är en del, men där metod- och organisationsfrågor upplevs som minst lika viktiga. Projektet skulle därför gärna se en studie med representanter från FM och FOI som utreder och kopplar dessa frågor till varandra på olika ledningsnivåer. Inom projektet TeBe (Tekniskt Beslutsstöd) bedrevs 2005-2006 studier⁵ kring hur olika kartunderlag kan användas och visualiseras för att stödja planering och genomförande av mindre uppdrag, och det vore givande att bygga vidare på erfarenheterna därifrån.

Utöver en studie som siktar några år framåt finns relevanta insatser i det kortare perspektivet, riktade mot enskilda system. I flera av FMs simulatorer används 3D-omvärldar som en virtuell ”spelplan”, t ex i helikopter-, stridsvagns- och stridsfordonssimulatorer. Här finns ett reellt behov av att undersöka vilka aspekter av 3D-modeller som är viktigast, sett i relation till andra komponenter i simulatoren. Hur

² EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2007/2/EG av den 14 mars 2007 om upprättande av en infrastruktur för rumslig information i Europeiska gemenskapen (Inspire)

³ <http://www.geodata.se/sv/Geodataportalen---geodata.se/>

⁴ Modellerings- och Simuleringscentrum

⁵ Kylesten och Hasewinkel, Terränganalys för insatsplanering i en integrerad 2D- och 3D-karta, FOI-R--2175--SE, 2006

maximerar man t ex träningseffekten av simulatoren? Är det bättre att lägga två miljoner kronor på en bättre 3D-modell (snyggare, mer högupplöst, fler objekt, mer korrekt, mer variationsrik, större, ...) än på någon annan komponent? Kan man med en ultrarealistisk 3D-modell i simulatoren minska mängden fältövning med bibehållen kvalitet? Ett sådant arbete skulle t ex kunna bygga på resultat och kompetens inom FoT-projektet Dataspel och Försvar, där man bl a undersökt träningseffekt som funktion av olika faktorer relaterade till simulatoren⁶.

2.4 3D-modellers kvalitet

I takt med att de tekniska förutsättningarna för att skapa olika typer av 3D-omvärldsmodeller blir allt bättre och modellerna kan användas i fler tillämpningar kommer det att bli allt viktigare att studera kvalitetsaspekter, ur bl a kostnads- och säkerhetsperspektiv. En 3D-omvärldsmodell är aldrig helt perfekt, och om en modell ska användas ”skarpt” är det synnerligen viktigt att ha kunskap om vad den representerar väl respektive mindre väl, på det att man kan värdera resultatet av analyser och beräkningar utifrån modellen. Vilka data ligger till grund för modellen och vad har de för begränsningar? Vilka förenklingar görs längs signalbehandlingskedjan och hur påverkar dessa slutresultats kvalitet?

Låt oss ta tillämpningen siktlinjesanalys som ett belysande exempel. Snart sagt varje GIS eller ledningssystem som hanterar höjddata erbjuder idag någon form av möjlighet att uppskatta siktförhållanden mellan och från olika punkter i terrängen. En sådan analys är potentiellt mycket användbar ur ett taktiskt/stridstekniskt perspektiv. Emellertid lider denna typ av analys i praktiken av klara begränsningar och brister avseende kvaliteten på resultatet som vi menar har att göra med att kvalitetsarbete rörande 3D-modeller varit eftersatt. Detta är i sig inte så förvånande eftersom de tekniska förutsättningarna för att kunna framställa och representera noggranna och högupplösta modeller tidigare varit begränsade; något tillspetsat kan man hävda att FoU tidigare i huvudsak visat vad tekniken skulle kunna användas till (*push*) snarare än krav från användarsidan (*pull*). I fallet siktlinjesanalys kan ett par konkreta begränsningar och brister nämnas.

För det första sker analysen ofta i själva verket inte alls i tre dimensioner, utan utifrån höjddata på bild/rasterformat (populärt kallat 2,5D). En sådan representation är enkel att hantera i GIS men kan inte representera överhäng, dvs där det i en viss geografisk position finns flera objekt/ytor på olika höjd i samma. Exempel på sådana är broar, tunnlar, balkonger, träd, etc. En 2,5D-representation må fungera bra i enkla, storskaliga miljöer, men i mer komplicerade miljöer (t ex städer) blir felen ofta uppenbara.

För det andra genomgår data, på vägen från datainsamling (laserskanning, flygfotografering, etc) till färdig 3D-modell, vanligen ett antal bearbetningssteg, t ex lågpassfiltrering, borttagande av små objekt, omsampling, approximation med polygonmodeller, manuell tillfixning, etc. För att kunna bedöma kvaliteten hos en siktlinjesanalys måste det framgå ur vilka aspekter modellen skiljer sig från verkligheten. Hur säker kan jag vara på att jag verkligen har fri sikt från ett tak till en byggnad en kilometer bort? Har kanske alla objekt mindre/smälare än vissa dimensioner, t ex antenner, ventilationstrummor, takfönster, etc. missats i datainsamlingen eller filterats bort? Är kanske höjdskattningsarna säkrare i vissa områden i scenen jämfört med andra? Har sensorn verkligen haft möjlighet att mäta överallt eller har systemet interpolerat fram data så att inte modellen ska innehålla hål? Kan överhäng representeras i 3D-modellen? Osv, osv.

Liknande aspekter går att hitta för varje annan tillämpning. Ju närmare 3D-omvärldsmodeller kommer skarpare tillämpningar, desto mer angeläget blir FoU-arbete

⁶ Nählinder m fl, Effects of Simulator training – motivating factors, FOI-R--2926--SE, 2009

kring kvalitetsaspekter för 3D-omvärldsmodeller. Sådant arbete har naturliga kopplingar till annan verksamhet inom FoT och bör således adresseras genom en bred ansats.

2.5 3D-modeller för analys och beräkningar

Att använda 3D omvärldsmodeller som beräkningsunderlag ställer andra krav jämfört med att ”bara” använda dem som visuell bakgrund. I det senare fallet ligger ofta tyngdpunkten på att modellen ska bidra till att ge en användare en nöjaktigt god förståelse för terrängen. För att modellen ska kunna användas som underlag för olika datorberäkningar och mer kvalificerade analyser behövs emellertid vanligen olika former av metadata, eller attribut, kopplade till olika objekt i modellerna och dessa attribut är då viktigare än modellens visuella kvalitet. Flera tecken kan skönjas inom FoU-verksamheten som tyder på ett ökat intresse för att i större utsträckning använda 3D-modeller som beräkningsunderlag. Nedan följer några exempel.

På FOI Avd. för Informationssystem har 3D-modeller under flera år använts för framställning av olika typer av syntetiska sensordata, men för att förbättra kvaliteten på simuleringar ställs nu bl a krav om information om materialegenskaper. I förstone information om markmaterialet (gräs, asfalt, grus, etc), men sannolikt dröjer det inte länge förrän motsvarande data för byggnader och andra objekt på marken efterfrågas. Liknande potential för vidareutveckling av simuleringsförmåga utifrån förfinade modeller finns sannolikt också inom t ex telekrigområdet.

På FOI Avd. för CBRN-skydd och säkerhet bedrivs bl a forskning om och utveckling av spridningsmodeller och beräkningsmetoder för prediktion och analys av hur utsläppta farliga ämnen sprids över tiden, hur koncentrationen varierar mellan olika platser, etc.. Som underlag för detta krävs bl a en modell av geometrin i närområdet. Typiskt används idag ofta en 2D karta med byggnader, där varje byggnad har (ett) höjdvärde som enda attribut. Fortsatt utveckling kommer att inkludera 3D-information där även vertikala väggar ingår liksom olika attribut för dessa som möjliggör noggrannare strömningsberäkningarna, t ex ytors råhet och liknande.

Inom ramen för det nyligen beslutade transferprojektet ”Vidareutveckling av riskbedömningsprogrammet SWERISK” planeras under de närmaste tre åren en integration av terrängdata (topografi, bebyggelse, vegetation) för bedömning av riskområden. Man ser härvid ett behov av att omsätta FoU-resultat avseende extraktion av 3D geodata och objektsattribut utifrån sensordata i ett beräkningsverktyg.

Även i fallet siktlinjesanalys (se föregående avsnitt) skulle objektsattribut kunna användas för att göra en mer realistisk bedömning. Vegetation representeras t ex vanligen i 2,5D som solida, ogenomskinliga kroppar vilket ofta leder till orealistiska siktbedömningar. Genom att t ex inkludera information om ”genomskinlighetsgrad” el. dyl. för vegetation skulle man kunna göra bättre analyser. Modellen som används för siktfältsberäkningen borde således ha möjlighet att representera relevanta attribut, så att *a priori*-kunskap om terrängen eller information extraherad från sensordata kan nyttiggöras.

Inom OGC Web Services – Phase 4 Demonstration⁷ har bl a visats hur attributsatta 3D-modeller tillsammans med webbtjänster kan användas i krishanteringssyfte för att skapa en lägesbild och göra analyser och sökningar. 3D-modellen kan här ses som ett slags hybrid mellan ”vanliga” 3D-modeller (geometri och textur) och GIS-skikt som används i t ex ArcGIS för olika typer av analyser.

Ovanstående exempel ger en bild av att behovet och möjligheterna att använda 3D omvärldsmodeller i olika analys- och beräkningssammanhang växer. Olika tillämpningar ställer naturligtvis olika krav angående vilka metadata/attribut som är relevanta, men de skulle kunna utgå ifrån samma grunddata, representerat på ett flexibelt och portabelt

⁷ <http://www.opengeospatial.org/projects/initiatives/ows-4>

format som utformats för att hantera attribut (t ex OGC-standarden CityGML), och som tillhandahålls genom en serverlösning. En sådan lösning möjliggör ökad effektivitet, eftersom ”grundmodeller” kan delas mellan verksamheter.

2.6 Sensordatafusion för bättre modeller

3D-modeller kan framställas utifrån olika typer av data. Lasermätningar ger hög avståndsnoggrannhet och möjlighet att se igenom vegetation, medan passiv teknik ger högre spatiell upplösning och dessutom färgvärden i varje punkt. Idag är det vanligt att byggnadsmodeller erhållna genom lasermätningar och efterföljande signalbehandling textureras med ”snedbilder” tagna från luften. Man kombinerar således data, men utnyttjar inte möjligheten att geometri även kan utvinnas från bilddata. Klassificering av objekt i terrängen blir också avsevärt lättare om man kombinerar flera sensorer. Inom ramen för Lantmäteriets framtagande av ny nationell höjdmodell kommer Sverige inom några år att vara laserskannat och metoder för att kombinera dessa stora mängder data med snedbilder (t ex Saabs ”Rapid 3D Mapping”, Pictometry⁸) och utvinna bästa tänkbara informationsmängd ur dem skulle kunna utvecklas på FOI om uppdrag från FM kom.

Såväl laser- som passiv teknik har studerats ingående var för sig (av FOI, Saab, etc) men kombinationen av dessa på sensordatanivå har det inte. Fortfarande betraktas laser- och kamerabaserade tekniker som konkurrenter istället för som komplement. Från ett FoU-perspektiv vore det mycket intressant att studera nyttan av en kombination, på vilken nästa generations karteringsförmåga kan utvecklas. Ett möjligt testområde skulle kunna utgöras av Vidsel, där FMV T&E låtit ta fram såväl en lidar- som en kamerabaserad 3D-modell.

Ett annat intressant spår är att kombinera data från flygburna och markbundna system, t ex laserskannrar och kameror placerade på fordon, vilket ger en mer heltäckande data av det aktuella terrängavsnittet, byggnaden, etc, vilket i sin tur leder till mer realistiska modeller.

⁸ <http://www.pictometry.com>

3 Omvärldsbevakning av "3D-området"

En viktig, kontinuerlig aktivitet inom projektet är att hålla sig ajour med den internationella utvecklingen avseende automatisk 3D-modellering från sensordata, i form av såväl kommersiell mjukvara som forskningsresultat. Att känna till state of the art är nödvändigt för att bedöma hur FOIs existerande mjukvara (och verksamhet) står sig i den internationella konkurrensen, identifiera framtida FoU-problem inom området och i samband med kontakter med presumtiva kunder.

Sammanfattningsvis ger en internationell utblick vid handen att tekniken har mognat betydligt bara de senaste två-tre åren vad gäller automatisk framställning och analys av 3D-modeller från sensordata. Detta gäller såväl dyrare lösningar, t ex fordonsburna lasersystem, som billigare, t ex 3D-modellering från stillbilder tagna med en vanlig kamera. Nedan följer ett axplock av intressanta tekniker och forskningsresultat inom 3D-området:

Ett forskningsproblem som adresserats flitigt de senaste åren är att skapa noggranna och högupplösta 3D-punktmoln från kamerabilder (structure from motion) och här märks t ex produkterna GeoSynth⁹ från Vexcel (bygger på samma teknik som PhotoSynth), EarthMine¹⁰ och Rapid Mapping¹¹ från Saab Bofors Dynamics. På forskningsfronten kan nämnas Micusik och Kosecka¹² som visat en metod för att extrahera 3D-punkter från panoramabilder. På laserområdet finns idag redan ett flertal kommersiella system för mätningar från såväl luft- som markfordon, och t o m handhållna "3D-kameror", bl a från Mantis Vision¹³.

När man samlat in 3D-data vidtar problemet att segmentera dessa, att dela upp punktmolnen i meningsfulla beståndsdelar. Detta problem adresseras t ex av FOIs egenutvecklade programvara för 3D-modellering av byggnader, och det är viktigt att kunna följa utvecklingen och se hur FOIs lösning på problemet står sig internationellt. Exempel på ny kommersiell mjukvara för denna typ av problem är EdgeWise¹⁴ från ClearEdge3D och LIDAR Fusion Tool Suite¹⁵ från Quantum3D, men de tycks ha klara begränsningar både vad gäller flexibilitet och resultatens kvalitet. I litteraturen har en rad mycket intressanta automatiska segmenterings- och modelleringsmetoder publicerats, bl a av Carlberg m fl¹⁶, Schnabel m fl¹⁷, Jenke m fl¹⁸ och Schmittwilken och Plümer¹⁹.

⁹ <http://www.vexcel.com/geospatial/geosynth/>

¹⁰ <http://www.earthmine.com/index>

¹¹ Isaksson, Borg och Haglund, *3D rapid mapping*, SPIE Vol. 6946, 2008

¹² *Piecewise Planar City 3D Modeling from Street View Panoramic Sequences*, CVPR'09

¹³ <http://www.mantis-vision.com/>

¹⁴ <http://www.clearedge3d.com/edgewise/>

¹⁵ http://www.quantum3d.com/solutions/real-time/synthetic/lidar_fusion_tool_suite.html

¹⁶ Carlberg, Andrews, Gao och Zakhor, *Fast Surface Reconstruction and Segmentation with Ground-Based and Airborne LIDAR Range Data*, 3DPVT'08

¹⁷ Schnabel, Wessel, Wahl och Klein, *Shape Recognition in 3D Point-Clouds*, WSCG'2008

¹⁸ Jenke, Krückeberg och Strasser, *Surface reconstruction from Fitted Shape Primitives*, VMV 2008

¹⁹ Schmittwilken och Plümer, *Model-based reconstruction and classification of facade parts in 3D point clouds*, Proc. of PCV 2010.

4 NATO SET-118

Under 2010 har arbetet inom NATO SET-118 avslutats i och med skrivandet av gruppens slutrapport²⁰. Gruppen har bestått av representanter från Sverige (FOI), USA (Army Research Office och Univ. of South Carolina), Tyskland (Fraunhofer IOSB), Spanien (INDRA), Italien (Elsag Datamat), Storbritannien (DSTL) och Kanada (DRDC). Gruppens deltagare är experter från olika områden: 3D-mätteknik (laser, stereokamera, SAR), 3D-signalbehandling (registrering, segmentering, objektigenkänning), 3D-modellering (dataformat, implicita/explicita modeller) och tillämpning och kvalitetsbedömning.

Nedan följer en sammanfattning av de viktigaste resultaten från gruppens arbete, samt vad deltagandet gett för svenskt vidkommande.

- En sammanställning av 26 militära tillämpningar och utifrån dessa exempel på hur 3D-modeller kan stödja beslutsfattare på olika nivåer.
- Flera exempel på hur 3D-modellers kvalitet kan beskrivas kvantitativt, samt diskussion kring och förslag på nya, komplementära och användarorienterade mått som syftar till att mäta den faktiska nyttan med modellen, som till syvende och sist är det som räknas. Denna kunskap har direkt bäring på frågeställningarna i avsnitt 2.4.
- Gruppen har diskuterat och jämfört olika sätt att representera 3D-geometrier. Vanliga *explicita* 3D-modeller (t ex polygonmodeller som OpenFlight) har jämförts med matematiskt formulerade *implicita* modeller. De senare möjliggör bl a effektiv beräkning av siktlinjer då de implicerar utvärdering av matematiska funktioner i st f ”ray tracing”-beräkningar och liknande.
- Signalbehandlingsmetoder för extraktion av olika typer av geografisk information har studerats. För svenskt vidkommande var det särskilt intressant att få kunskap om potentialen med att använda interferometrisk SAR för att rekonstruera 3D-byggnader, något som på FOI hittills endast studeras utifrån ett laserperspektiv. Den kunskapen kommer även radargrupperna inom sensor-FoT-området tillgodo.
- Sensordata från en gemensam datapool har distribuerats och bearbetats inom gruppen. Bland annat har en grupp på Univ. of South Carolina tillämpat en segmenteringsmetod på laserdata från Norrköping. Metoden är tämligen olik den som utvecklats på FOI och mer flexibel, på så sätt att den kan segmentera utifrån fler egenskaper än bara geometri. Kunskap kring denna typ av metoder är mycket värdefull för ev. framtida vidareutveckling av t ex byggnadsmodellering utifrån multisensordata.

På grund av att flera tongivande personer i gruppen bytt arbetsuppgifter finns i dagsläget inga konkreta planer på ytterligare en NATO-arbetsgrupp inom området. Några av de frågeställningar som diskuterats i kapitel 2 vore dock relevanta att belysa ur ett NATO-perspektiv, inte minst frågor kring interoperabilitet, 3D-format och system för geodataförsörjning.

²⁰ 3D Modelling of Urban Terrain, RTO Technical report

5 Samverkan, kompetensspridning

Nedan följer en kort redogörelse för några ytterligare aktiviteter där personal från projektet deltagit (eller ska delta) 2010:

- Deltagande i två workshops inom ramen för projektet Snabb Geografisk Informationsförsörjning (SGIF) på FMV, där bl a standarder för geografiska data, 3D-modeller och sensorinformatik diskuterats tillsammans med representanter från FM, FMV, FOI och industrin,
- Diskussioner med FMV T&E om möjliga framtida utvecklingsspår rörande 3D-modellering av terräng, bl a fusion av modeller framtagna med lidar och kamerasystem.
- Kontakter har etablerats och stärkts med ett antal civila företag angående automatisk 3D-modellering och har hittills resulterat i en gemensam civil forskningsansökan till Vinnova.
- En person i projektet deltar i EDA-projektet DUCAS – Detection in Urban scenario with Combined Airborne Sensors – inom vilket man bland (mycket) annat studerar hur 3D-modeller av urbana miljöer kan skapas och användas som stöd i olika tillämpningar, t ex skuggberäkningar för korrektion av spektrala data, t ex för målupptäckt och förändringsanalys, materialklassificering, visualisering, etc.
- En representant från projektet deltar i ett nationellt forum inom vars ram Geodatasekretariatet (Lantmäteriet) ska ta fram ett handlingsprogram för FoU inom geodataområdet under 2011. Bland annat diskuteras där forskningsbehov inom geoområdet och infrastrukturer för geodataförsörjning och dessutom undersöks möjligheterna för att få till stånd ett forskningsprogram inom området.
- Personal från projektet har föreläst om 3D-omvärldsmodellering inom Telekrigkurs för FM på FOI
- 3D-omvärldsmodelleringskonceptet har presenterats i samband med två besök från Sydkorea (juni och november).
- Kompetens har tappats av i form av stöd till FoT-projekten Bistatisk SAR för urban miljö och SimSens. Stödet har bl a bestått av laserdatabearbetning, t ex extraktion av markmodeller.

6 Fortsatt verksamhet

Projektet anser att alla de frågeställningar som beskrivits i kapitel 2 är viktiga och i behov av FoU-insatser. Under projektets slutår 2011 avser vi dock jobba mer fokuserat med vissa än andra, dels av resursskäl men också pga av att vi bedömer att vissa frågeställningar kräver en bredare ansats (t ex kompetens från flera FoT-projekt) och/eller ligger längre fram i tiden.

- **Omvärldsmodellering i och av insatsområden (avsnitt 2.1)**
 Detta område handlar om att utveckla omvärldsmodelleringskonceptet från flygburna lasermätningar till fältmässig datainsamling och fokus på extraktion av efterfrågade objektsattribut (t ex vägegenskaper). Arbetet med detta prioriteras under 2011 och inbegriper naturligen bl a regelbunden kontakt med Geosupportgrupperna (Ing 2), GeoMetoc (HKV), GeoSE (LM) och flera sensor-FoT-projekt på FOI. Förhoppningsvis har dessa kontakter en katalyserande effekt på samarbete mellan FM och olika FOI-projekt.
- **Geodatahantering (avsnitt 2.2)**
 Under 2010 har arbete med design och implementation av en databas/server-plattform för lagring och distribution av geodata och 3D-modeller påbörjats inom projektet, med stöd från ett FOI-internt M&S-projekt (Simuleringsbaserad krishantering). Detta arbete prioriteras under 2011, i dialog med representanter från FM, FMV och internt FOI.
- **"Nytta med 3D" (avsnitt 2.3)**
 Detta område handlar om att värdera sambandet mellan 3D-modeller och den nytta de har för användare eller beslutsfattare på olika nivåer jämfört med annat underlag, t ex enklare 3D-modeller eller vanliga kartor. Vi ser detta som frågor som kräver en bred ansats med kompetens från andra FoT-projekt (t ex Dataspel och Försvar) och personal från FM som deltar i ett eller flera experiment. En sådan ansats bedöms dock ligga utanför vad som är möjligt att planera eller genomföra inom ramen för nuvarande projekt.
- **3D-modellers kvalitet (avsnitt 2.4)**
 3D-omvärldsmodeller används redan i flera tillämpningar inom FM (t ex simulatorer) och det finns anledning att anta att "3D-kartor" liknande dem som återfinns på www.hitta.se kommer att röna allt större intresse i militära tillämpningar. Dock saknas ofta metodik och verktyg för att kunna göra en systematisk kvalitetsbedömning och -beskrivning av 3D-omvärldsmodeller för en viss tillämpning. Som ett första steg skulle man kunna göra en pilotstudie för en relativt vanlig tillämpning av 3D-data i militära sammanhang, nämligen siktlinjesanalys, och t ex kartlägga vilka faktorer som spelar in, hur olika filtreringssteg påverkar kvaliteten, hur osäkerheter i modellen bör hanteras, hur olika metadata eller objektsattribut skulle kunna förbättra resultatet, etc. En rimlig ambition för Omvärldsmodellering 2011 rörande detta är diskussioner med FM och FMV i syfte att lyfta frågan.
- **3D-modeller för analys och fysikaliska beräkningar (avsnitt 2.5)**
 Flera FoT-projekt inom FOI använder 3D-omvärldsmodeller som del av ett beräkningsunderlag snarare än bara för visualisering. För dessa verksamheter är det viktigt att 3D-data representeras och hanteras på ett sätt så att man t ex kan lägga till attribut (materialegenskaper, råhetstal, etc) och inte minst dela med sig av data med andra verksamheter. OGC-standarden CityGML kommer att undersöks närmare för detta ändamål. Utöver möjligheten att attributsätta objekt erbjuder CityGML möjlighet att uttrycka relationer mellan objekt, vilket kan användas för olika typer av sökningar. Exempel på hur CityGML och andra OGC-standards kan användas för ledning och krishantering har demonstrerats av OGC och vi anser det vara värt att undersöka vidare.

- **Sensordatafusion för bättre modeller (avsnitt 2.6)**

Både lidar- och ”stereokamera”baserade 3D-modellerings tekniker är relativt väl utvecklade och båda har sina respektive förtjänster och brister. Fusion av de båda teknikerna har stor potential att erbjuda FM avsevärt bättre 3D-omvärldsmodeller jämfört med teknikerna var för sig. Medvetenheten om potentialen med, liksom diskussionerna kring, detta i olika forum har ökat under 2010 och under 2011 kommer projektet verka för att försöka få till stånd finansiering för detta, men inte bedriva något arbete med konkret implementation av datafusionsmetoder.

Sammanfattningsvis kan sägas att det är områdena *Omvärldsmodellering i och av insatsområden, Geodatahantering och 3D-modeller för analys och fysikaliska beräkningar* som tilldrar sig störst intresse i det korta perspektivet, då vi bedömer att dessa har särskilt starka kopplingar till ett par aktuella frågeställningar för FM nämligen insatsförmåga – Geosupportgruppers/cellers kartering i fält, lösningar för Snabb Geografisk Informationsförsörjning (FMV SGIF) – och arbetet med Nationellt Träningsnätverk (NTN). Övriga frågor är naturligtvis också intressanta, men i ett längre perspektiv och med en bredare ansats. Inte minst av tekniska skäl är det t ex komplicerat i dagsläget att genomföra djupare studier kring nyttan med 3D eller kvalitetsaspekter. Förhoppningen är att en bättre infrastruktur (server, databas, etc) kan underlätta för sådana studier framöver.