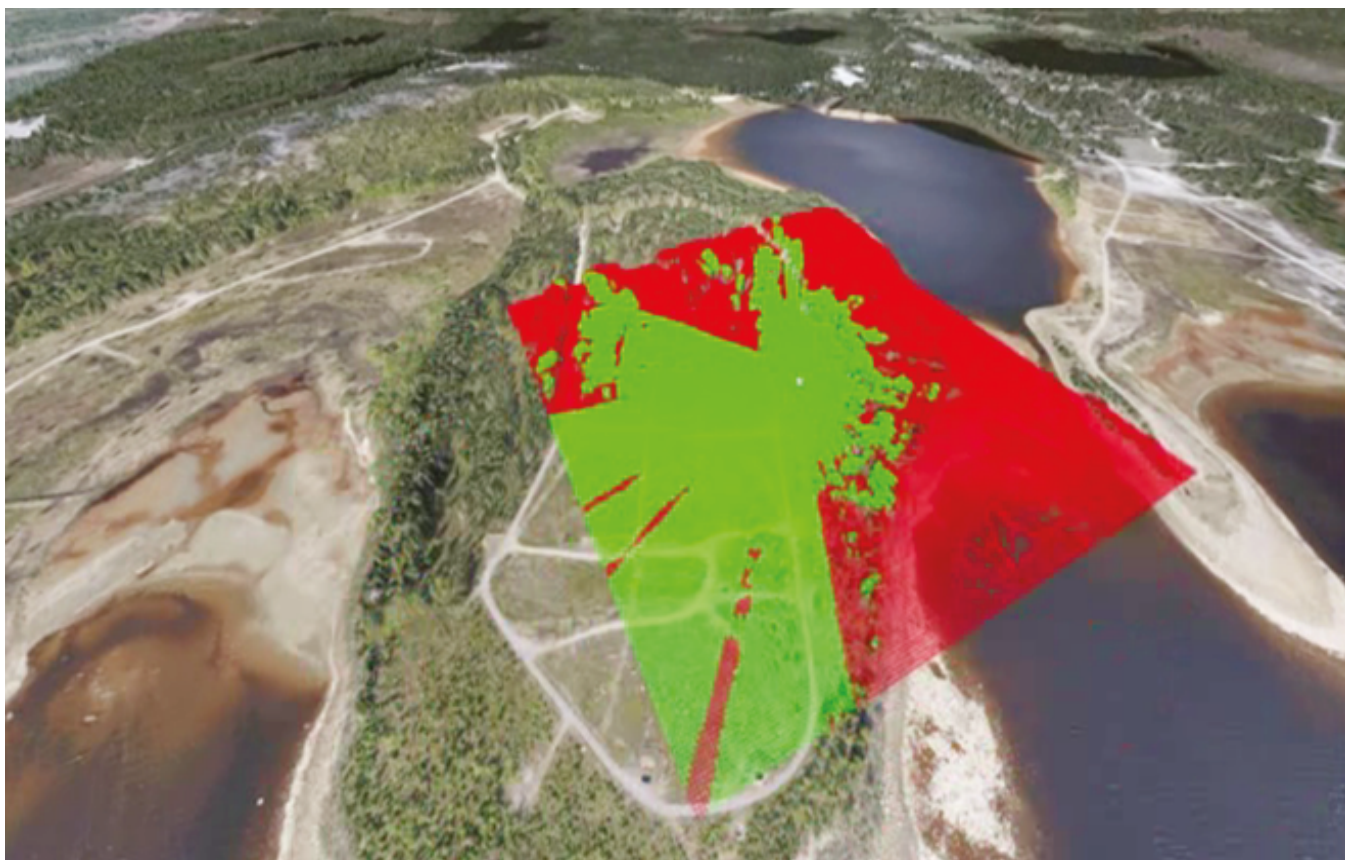


GUSTAV TOLT, PETER FOLLO, JOHAN HEDSTRÖM, TORBJÖRN HÄRJE



Gustav Tolt, Peter Follo, Johan Hedström,
Torbjörn Härje

Omvärldsmodellering

Slutrapport 2014

Titel	Omvärldsmodellering – slutrapport 2014
Title	Synthetic Environment Modeling – final report 2014
Rapportnr/Report no	FOI-R--4009---SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2014
Antal sidor/Pages	24 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde	7. Sensorer och signaturanpassning
FoT-område	Modellering och simulering
Projektnr/Project no	E54531
Godkänd av/Approved by	Per Johannesson
Ansvarig avdelning	Sensor- och TK-system

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

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

Sammanfattning

Omvärldsmodellering 2012-2014 har studerat hur 3D virtuella miljöer kan utnyttjas effektivt för att ge en ökad effekt i simuleringstillämpningar. En central del i projektet har varit att utveckla ett mjukvarubibliotek för terränganalys (Geo Analyst Library - GAL) som kan återanvändas, integreras och värderas i olika simuleringsmiljöer. Hittills har fokus varit på funktioner för vägsökning och siktfältsanalys i 3D.

Som ett led i att komma närmare avnämarna av omvärldsmodeller har projektet samarbetat med andra projekt inom M&S-området. Det har gett synergier och lagt grunden för ett ännu bättre kunskapsutnyttjande inom området. På så sätt har projektet bl.a. bidragit till att

- ge ett jägarförband 3D-baserat stöd under planering och genomförande av insats (under en övning)
- förbättra trovärdigheten hos PopSim (simulering av population), tänkt att användas för bl.a. utbildning på Markstridsskolan
- simuleringsramverket FLAMES kan förses med 3D omvärldsmodeller framställda i Försvarsmaktens standardverktyg för geodatahantering och kompletteras med terränganalysfunktioner från GAL.

Med anledning av den snabba utvecklingen inom geoområdet har projektet också byggt kompetens för att kunna erbjuda Försvarsmakten expertstöd inom området. Projektet har särskilt ökat kunskapen om modern teknik för representation, lagring och distribution av 3D geodata. Denna kunskapsuppbyggnad, erhållen genom en kombination av omvärldsbevakning och praktiska tester, har sedan bl.a. nyttiggjorts i enskilda beställningar inom geoområdet från FMV. Det handlar t.ex. om kunskap om klient-server-teknik, webbtjänster och geodatastandarder.

Projektet samarbetar sedan 2014 med Forsvarets Forskningsinstitut (FFI) i Norge i ett nytt treårigt projekt som bl.a. omfattar gemensam forskning och utveckling av metoder och teknik för terränganalys i syfte att höja kvaliteten på simulering av agenter i virtuella 3D-miljöer.

Projektet har också genom ett antal presentationer och demonstrationer spritt kunskap om möjligheterna med 3D terränganalys till intressenter inom Försvarsmakten och FMV.

Nyckelord: 3D, omvärldsmodeller, geodata, terränganalys, simulering, CityGML, interoperabilitet, vägsökning, siktfältsanalys

Summary

Synthetic Environment Modeling 2012-2014 has studied how 3D virtual environments can be effectively exploited to give an increased effect in simulation applications. A central part of the project has been to develop analysis software (Geo Analyst Library - GAL) that can be re-used, integrated and evaluated in different simulation environments. So far, the focus has been on path-planning and 3D line-of-sight analysis.

In order to get closer to end-users, the project has collaborated with other projects within the M&S domain. This has created synergies and a foundation for an even better utilization of the combined knowledge in the M&S area. By doing so the project has contributed to

- giving a ranger squad 3D-based support during mission planning and execution of a mission (during an exercise)
- increasing the fidelity of a population simulation tool, intended as an education tool at the Swedish Ground Combat School
- enabling the simulation framework FLAMES to be fed with 3D terrain models created with standard geodata manipulation tools, and to be complemented with the functionality of GAL

Due to the rapid development concerning geospatial technologies the project has also built competence to be able to offer customers expertise in this area. Specifically, the project has worked with modern technologies for representation, storage and distribution of 3D geographical data. This increase in competence, obtained through a literature surveys and practical testing, has since been exploited in geo-related projects from FMV concerning e.g. client-server architectures, web services and international geodata standards.

Since 2014, the project collaborates with the Norwegian Defence Research Institute (FFI) in a new three-year project that includes joint research and development of methods and technology for terrain analysis, with the purpose of increasing the fidelity of simulation of synthetic agents in virtual 3D environments.

Through a number of presentations and demonstrations, the project has also spread knowledge about the potential of using 3D-based terrain analysis in the Swedish Armed Forces and FMV.

Keywords: 3D, environment models, terrain analysis, simulation, CityGML, interoperability, path-planning, line-of-sight analysis

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Projektets inriktning.....	7
1.2	Strategi.....	7
2	Nytta för Försvarsmakten	8
3	Tillämpningar av projektets resultat	9
3.1	3D-analys som stöd under insats.....	9
3.1.1	Fallstudie: AJB-övning juni 2014	9
3.1.2	Resultat	10
3.2	Simulering av urban population	11
3.3	Simulering i VR Forces	12
3.4	Simulering för försvarsplanering	13
4	Teknik i fokus	14
4.1	Geo Analyst Library (GAL).....	14
4.1.1	Från grunddata till 3D-modell.....	14
4.1.2	Analysmetoder	15
4.1.3	Grafiskt användargränssnitt	15
4.2	3D-modellering av inomhusmiljöer.....	16
4.3	CityGML	17
4.3.1	Skapa CityGML från grunddata	17
4.3.2	Läsa in och visualisera CityGML	18
4.4	Infrastruktur för geodata.....	18
4.4.1	Databaser för komplexa XML-scheman	18
4.4.2	Geoserver	19
5	Presentationer och demonstrationer	20
6	Samarbeten	21
6.1.1	FFI, Norge	21
6.1.2	Syntetiska aktörer	21
6.1.3	Ökad förmåga med spel för träning övning och insats	21
6.1.4	Simuleringsbaserad Försvarsplanering	21
6.1.5	Geoinformatik.....	22
6.1.6	SWERISK.....	22
6.1.7	RDECOM/STTC, Orlando.....	22
7	Publikationer	24

1 Inledning

Denna rapport sammanfattar FoT-projektet Omvärldsmodellering 2012-2014. Rapporten vill på ett kortfattat och kärnfullt sätt sammanfatta den bedrivna verksamheten med fokus på projektresultatens relevans för Försvarmakten. Den bedömda nyttan för Försvarmakten diskuteras i kapitel 2. I kapitel 3 redogörs för några tillämpningar där projektets verktyg och kompetens använts. I kapitel 4 ges en mer teknisk beskrivning av några verktyg som utvecklats inom projektet och i kapitel 5 och 6 redogörs för de huvudsakliga gränsyterna mellan projektet och omvärlden i form av demonstrationer för Försvarmakten, FMV och samarbetspartners.

Tidigare rapporter inom projektet är (Tolt m.fl. 2012) och (Tolt, 2013).

1.1 Projektets inriktning

Idag finns det ett stort utbud av geografiska data och programvaror för dataförädling och framställning av 3D-modeller. Det finns också ett ökat intresse i Försvarmakten av att bättre ta hänsyn till geografiska data för att höja kvaliteten i olika tillämpningar. Det handlar t.ex. om att förbättra simuleringar så att de ger en ökad trovärdighet. Ju mer detaljerade scenarion, desto viktigare att ta hänsyn till terrängen. Ofta efterfrågas analyser snarare än omvärldsmodeller som sådana. Detta är utgångspunkten för projektet.

Projektets huvudmål är att visa hur hänsynstagande till terrängegenskaper kan ge ökad effekt i olika simuleringstillämpningar. För detta ändamål beaktas olika sätt att skapa och representera syntetiska omvärldar, samt analysera och interagera med dem.

Projektet strävar efter att använda erfarenheter och tekniker från dataspelsområdet tillsammans med dataunderlag från GIS-världen för att lösa militärt relevanta terränganalysproblem på ett effektivt sätt. Följande frågeställningar har legat till grund för projektets arbete:

- Hur kan ett ökat hänsynstagande till terrängegenskaper ge ökad effekt i simulering- och beräkningstillämpningar?
- Hur kan olika funktioner för analys av 3D geodata integreras i ett återanvändbart mjukvaruverktyg?
- Hur kan ny teknik förenkla användares interaktion med geografiska data och omvärldsmodeller?

1.2 Strategi

Projektets strategi har varit att i så stor utsträckning som möjligt samarbeta med projekt som arbetar nära olika simuleringssystem och har en tydlig motpart/slutanvändare. Detta har varit väldigt framgångsrikt och uppskattat. Genom goda projektsamarbeten och slutanvändarkontakter har behov och utvecklingsmöjligheter avseende omvärldsmodeller och terränganalys kunnat diskuteras med problemägare. Inom det här projektet har sedan behovsbilden analyserats och värderats, vilket bl.a. visat på att det finns grundläggande behov som är gemensamma för många tillämpningar. De tydligaste behoven handlar om automatiserad ruttplanering och siktfältsanalys och detta har projektet tagit fasta på.

Genom en strukturerad programvaruutveckling och dataförädlingsprocess har projektet kunnat stödja en bred flora av tillämpningar, inte bara med expertkunskap, utan även tekniska komponenter som direkt kunnat användas som stöd i verksamheten. Projektet verkar också aktivt för att kunna återanvända terränganalysrelaterade forskningsresultat från andra projekt, såväl avslutade som pågående, liksom från tredjepartsleverantörer. Syftet är att minska risken för dubbelarbete, öka spridningen av terränganalysfunktioner och öka utväxlingen för satsade forskningsmedel.

2 Nyttan för Försvarsmakten

Här beskrivs kort vilken nytta som projektet har skapat för Försvarsmakten.

Bättre simuleringar med hjälp av avancerad terränganalys

Projektet har bidragit till att förenkla användningen av avancerade terränganalysmetoder i olika tillämpningar och därmed ökat nyttan av dessa. Detta genom att det inom projektet utvecklats avancerade, plattformsoberoende, modulära mjukvaruverktyg för automatiserad hantering och analys av 3D-modeller, bl.a. avseende ruttplanering och siktfältsanalys. Utvecklade mjukvarukomponenter kan relativt enkelt anpassas till andra tillämpningar.

Bättre simuleringar kan leda till bättre måloppfyllnad i utbildningssammanhang och en generellt ökad förståelse för hur modellerings- och simuleringsverktyg kan stödja olika typer av träning och övningar.

Synergier inom M&S-området

Projektet har aktivt verkat för ett ökat samarbete mellan M&S-relaterade projekt och därigenom ökade synergieffekter mellan olika kompetensområden.

Bättre kunskap om hur Försvarsmakten kan dra fördel av existerande geodata

Projektet har vid flera tillfällen påvisat för Försvarsmakten hur existerande högupplösta geografiska data kan utnyttjas för analyser och bedömningar, t.ex. höjddata från den Nationella Höjdmodellen. Det ger bl.a. Försvarsmakten ökad kunskap om hur geografiska data kan hanteras och analyseras i samband med framtida systemuppgraderingar.

Ökad kunskap om interoperabilitet på geodataområdet

Projektet har också ökat kunskapen om interoperabilitet inom geodataområdet (klient/server-arkitekturer, webbtjänster, standarder). Ett resultat av den kontinuerliga kunskapsuppbyggnaden inom projektet är bl.a. att FMV MS 462 (GIS/GIT) på uppdrag av HKV Geoinfotjänsten lagt enskilda beställningar på FOI 2012-2014.

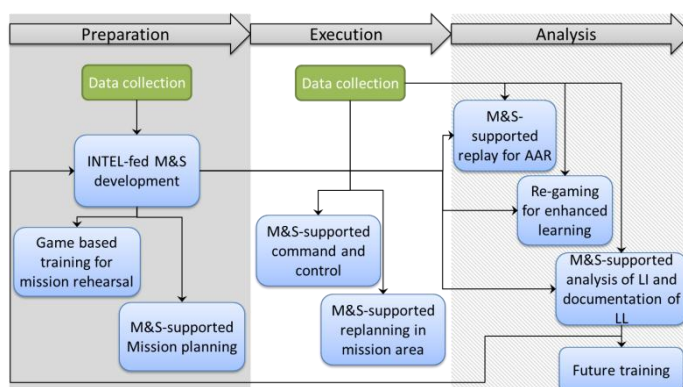
3 Tillämpningar av projektets resultat

Projektet har samarbetat med flera olika projekt kring nyttan med 3D-modeller och terränganalys. Projektet har medvetet upprätthållit kontakter inom olika M&S-nivåer: *live*, *virtual* och *constructive*. Detta för att få en stor spännvidd i både slutanvändarbehov och tekniska system. Projektet har naturligtvis insett riskerna med att splittra de begränsade resurserna mellan flera olika tillämpningar. Detta har dock fungerat väl, tack vare att de efterfrågade funktionerna har varit relativt likartade och att arbetet har skett tillsammans med samarbetsprojekten som t.ex. har bekostat tillämpningsnära implementation av framtagna metoder och tekniker.

3.1 3D-analys som stöd under insats

Under 2014 tog projektet chansen att samverka direkt med Arméns Jägarbataljon för att få deras behovsbild men inte minst också för att delta i ett samarbete mellan flera FoT-projekt för att undersöka nyttan med olika tekniska system under en insatscykel. Projektets intresse i detta var 3D-modeller och analys av dessa.

Samarbetet skedde kring konceptet *Mission-integrated Modeling and Simulation*. Konceptet handlar om att utvärdera hur ny/kommande M&S-teknologi kan stödja förband genom en insatscykel. Detta undersöks genom att tillföra nya verktyg eller prototyper till förbandet och metodiskt följa upp vilken nytta förbandet har av den nya tekniken under insatscykelns olika faser. I den aktuella övningen ansågs 3D-terräng och 3D-analys vara en central tillgång i insatscykelns alla faser. För en mer detaljerad beskrivning av Mission-integrated Modeling and Simulation hänvisas läsaren till Wikberg m.fl. (2014).



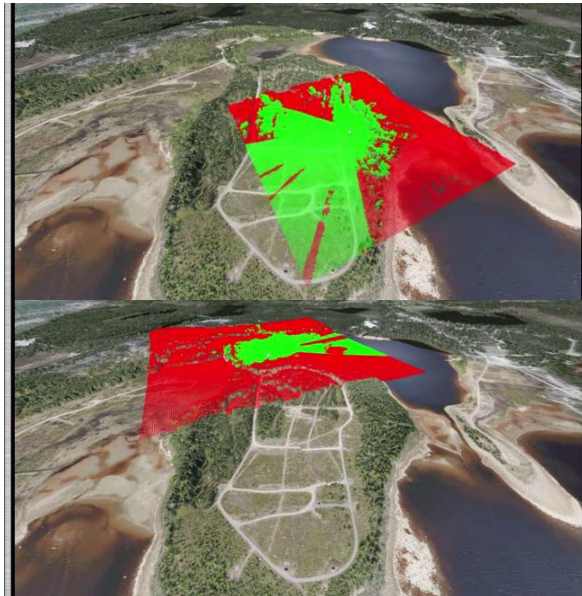
Figur 1. Exempel på komponenter i en M&S-stödd insats. UND-information, geodata etc. utnyttjas för planering och träning inför insatsen. Information som uppdateras under genomförandet används för beslutsstöd och omplanering. Slutligen används all tillgänglig information för att förbättra efteranalysen, t.ex. s.k. After Action Review och Lessons Learned. Slutsatserna kan därefter implementeras för att stödja framtida träning.

3.1.1 Fallstudie: AJB-övning juni 2014

Konceptet Mission-integrated M&S testades 2014 i samband med Arméns jägarbataljons GUJ-övning i juni 2014. Övningen gick i stort ut på att en pluton skulle infiltrera ett terrängavsnitt och oskadliggöra ett fientligt luftvärnssystem. Det hela utspelade sig i och kring Tåme skjutfält.

Omvärldsmodellerings bidrag till övningen bestod i att förstärka förbandets framskjutna bas (s.k. FOB, Forward Observation Base) med en 3D-funktion som inkluderade högupplösta 3D-modeller av målområdet, analysmetoder och expertis från FOI. Modellerna utgjordes av en modell med 1 m upplösning framställd med hjälp av höjddata

och satellitbilder från Geo SE samt en än mer högupplöst modell (5-10 cm) skapad utifrån bilder tagna med en UAV i målområdet. Som exempel på analyser kan nämnas siktfältsberäkningar i realtid på högupplöst 3D-material och olika visualiseringsmetoder. Se exempel på siktsanalyser i Figur 2.



Figur 2. Exempel på siktfältsberäkningar för den aktuella målterrängen.

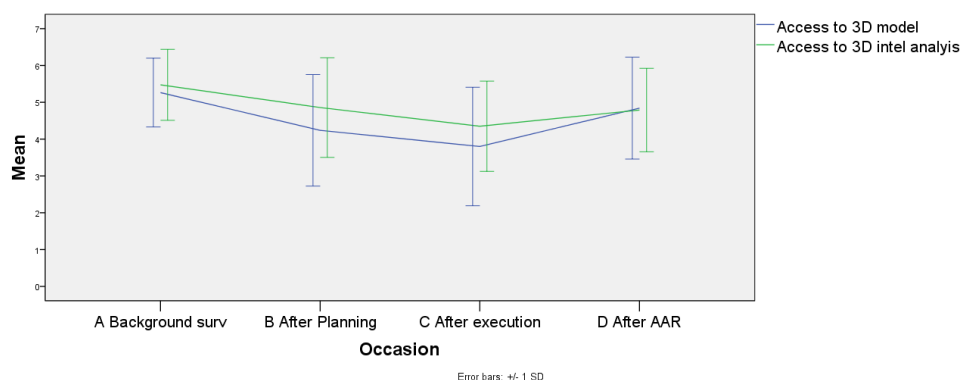
Det bör poängteras att 3D-underlaget i princip lika gärna skulle kunna ha framställts utifrån bilder tagna med Försvarmaktens egna UAV-system. En sådan lösning var emellertid inte aktuell i samband med den här övningen utan en civil leverantör fick anlitas och försåg FOI och förbandet med 3D-modeller några dagar innan själva övningen.

Som ett led i behovsanalysen och planeringen inför övningen anordnades tre workshops med representanter från AJB – en i januari, en i april och en under pågående övning. På workshoparna deltog personal från andra projekt, vilket även gav utmärkta tillfällen till kunskaps- och erfarenhetsutbyte FoT-projekten emellan.

I samband med övningen samlades svar på enkätfrågor in, där förbandets personal fick tillfälle att värdera olika faktorer under övningen. Omvärldsmodelleringsprojektet bidrog med frågeställningar kopplade till 3D-modellerna. Det stora jobbet med att flera gånger under övningen dela ut frågor och samla in svar ombesörjdes av FoT-projektet Ökad förmåga med spel för träning övning och insats (se avsnitt 6.1.3).

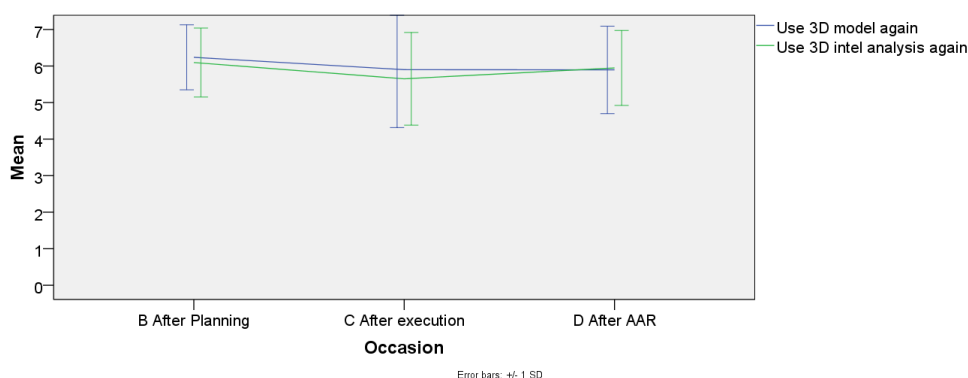
3.1.2 Resultat

Alla soldater fick bedöma hur tillgången på en 3D-modell, liksom analys baserad på denna (siktfältsanalys), bidrog eller förväntades bidra till deras prestation. De rapporterade sin uppfattning om detta på en sjugradig s.k. Likert-skala där 1 är lägst omdöme och 7 är högst. Resultatet visas i Figur 3.



Figur 3. Medelvärden av förväntad och upplevd nytta med 3D under övningen.

Soldaterna fick på motsvarande sätt också ange hur gärna de skulle använda liknande verktyg i samband med en liknande insats i framtiden (se Figur 4).



Figur 4. Medelvärden för hur gärna soldaterna skulle vilja använda 3D-konceptet i liknande sammanhang i framtiden.

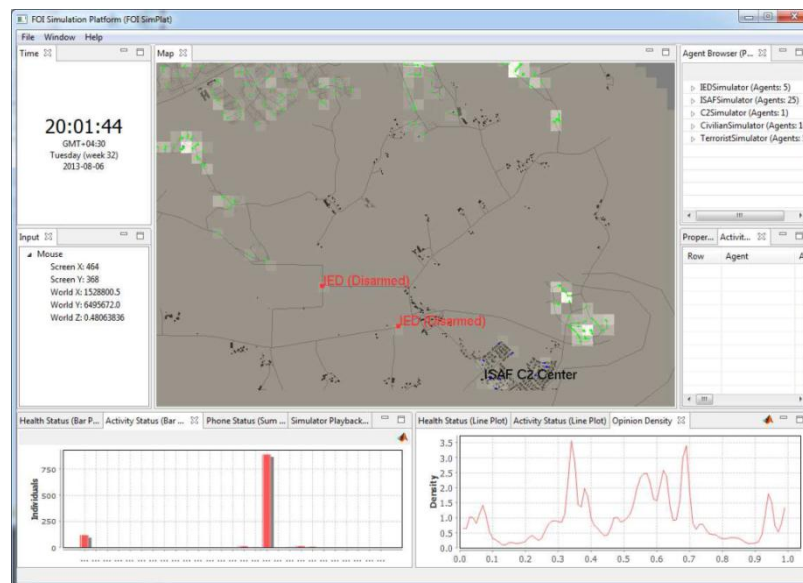
Soldaterna var överlag eniga om att en 3D-modell med dm-upplösning förbättrade möjligheterna att lösa den här typen av uppgift på ett bra sätt jämfört med en 3D-modell med upplösning på meternivå.

Resultaten från övningen indikerar överlag att tillgång till 3D-modeller var mycket uppskattat. Det framkom bl.a. önskemål om att kunna ha 3D-funktionalitet i en portabel dator/surfplatta i fält. Av logistiska, resursmässiga och övningsmässiga skäl var detta tyvärr inte praktiskt möjligt att genomföra under denna övning.

3.2 Simulering av urban population

Omvärldsmodellering har under ett par års tid haft ett gott samarbete med FoT-projektet Syntetiska aktörer. Det gemensamma intresset har främst bestått i terränganalys för att förbättra simuleringen av simulerade agenter i urbana miljöer. Mer specifikt har det handlat om metoder och tekniker för ruttplanering (vägsökning); att hitta den bästa ruten mellan A och B. En utmaning här har varit att göra ruttsökningen så beräkningseffektiv att den lämpar sig för simulering av ett stort antal agenter. Terränganalysen är förberedd för att även inkludera siktfältsberäkningar i simuleringen, men detta fick prioriteras ner p.g.a. tidsbrist.

Framtagna mjukvaruverktyg för ruttplanering integrerades i det FOI-utvecklade simulatorramverket PopSim (se Figur 5).



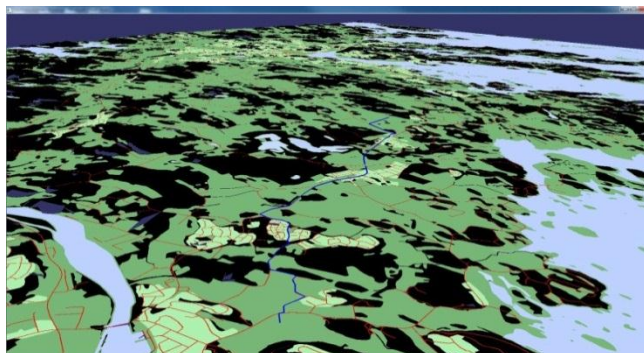
Figur 5. Skärmdump från PopSim.

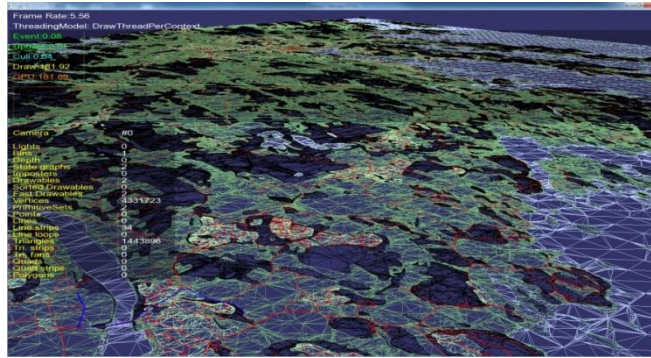
3.3 Simulering i VR Forces

VR Forces är en simuleringsplattform för simulering av syntetiska agenter (s.k. CGF, Computer Generated Forces) i en virtuell terräng. Ett problem i VR Forces är att de inbyggda funktionerna för vägsökning (ruttplanering) är tämligen grundläggande och att simulerade entiteter i terrängen inte väljer ”rätt” väg utan typiskt tar den geometriskt kortaste eller snabbaste vägen. Detta leder lätt till orealistiska och oförutsedda beteenden i simulerade scenarion. Det är önskvärt att förbättra den automatiska ruttplaneringen så att den bättre kan ta hänsyn till faktorer såsom terrängegenskaper och taktiskt uppträdande.

Sedan sommaren 2014 finns ett samarbete mellan FOI och Forsvarets Forskningsinstitut (FFI) i Norge som bl.a. handlar om hur detta kan lösas. FFI har tagit fram ett förslag på ett nytt kostnadskriterium för vägsökningen som tar hänsyn till avstånd, framkomlighet, sikt, skydd och avstånd från hotområden. Kostnadskriteriet är baserat på diskussioner med militära experter. Tanken är att införliva detta i GAL-ramverket (se avsnitt 4.1) och dessutom använda effektiva siktfältsberäkningar, på det att vägsökningen kan snabbas upp avsevärt. EN snabb vägsökning är inte minst önskad för att kunna göra omplaneringar under pågående scenario. För mer om samarbetet med FFI, se avsnitt 6.1.1.

Bilderna i Figur 6 visar ett par olika vyer av en modell som används i VR Forces.



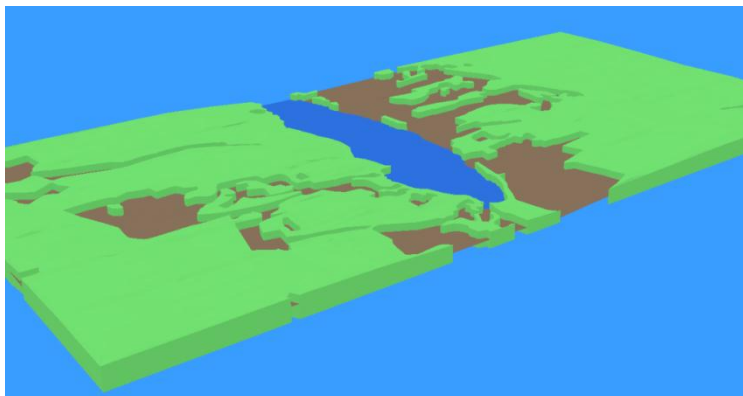


Figur 6. Exempel från VR Forces som visar ett terrängavsnitt med markklassificering med en kalkylerad rutt markerad i blått (överst) och den underliggande 3D-geometrin (nederst). Bilder från FFI, Norge.

3.4 Simulering för försvarsplanering

Projektet har samarbetat med FoT-projektet Simuleringsbaserad försvarsplanering för att förbättra trovärdigheten i simuleringarna i ramverket FLAMES. Omvärldsmodellering har därvidlag bidragit med en metod för att framställa 3D terrängmodeller för FLAMES. FLAMES kräver/förutsätter normalt att terrängmodeller som exporteras från ett tredjepartsverktyg som är förenat med höga licenskostnader. Genom att utveckla en liknande databearbetningskedja i Försvarsmaktens standardprogramvara för GIS-analys, ArcGIS, uppnåddes två syften: dels kan FLAMES matas med modeller från Försvarsmaktens standardverktyg, och dels är modellen som exporteras från ArcGIS direkt kompatibel med projektets analysbibliotek GAL (se avsnitt 4.1). Det senare lägger grunden för att kunna utnyttja GALs fulla potential i FLAMES-tillämpningar. Det betyder i sin tur att de inbyggda, begränsade terränganalysfunktionerna i FLAMES relativt enkelt kan kompletteras med nya funktioner framöver och dessutom att terrängmodeller som tas fram för FLAMES direkt kan nyttjas i andra simuleringsstillämpningar.

Omvärldsmodellering har i sammanhanget stått för den grundläggande databearbetningen i, och dataexport från, ArcGIS medan SBFP bekostade test och implementation i FLAMES-ramverket. Se exempel på en 3D-modell för FLAMES i Figur 7.



Figur 7. Exempel på 3D-terrängmodell i FLAMES.

4 Teknik i fokus

I det här kapitlet ges en kort beskrivning av några teknikområden som studerats i projektet. Utvecklingen av ett mjukvarubibliotek (avsnitt 4.1) har varit central för att kunna införliva terränganalysfunktionalitet i de olika tillämpningarna. Utveckling av algoritmer för 3D-modellering av inomhusmiljöer (avsnitt 4.2) har gett ökade kunskaper om beskrivning och representation av inomhusmodeller. Projektet har även byggt kunskap kring semantiska 3D-modeller, och då främst dataformatet CityGML (avsnitt 4.3). Arbete med infrastruktur för geodata (avsnitt 4.4) har bl.a. byggt kunskap om klient-server-teknik på geområdet, vilket bl.a. har nyttjats i enskilda beställningar från FMV MS462 (GIS/GIT).

4.1 Geo Analyst Library (GAL)

Många simuleringstillämpningar använder en digital representation av en omvärld i botten. För enklare, statiska simuleringar kan det ofta räcka att ha omvärldsmodellen som ett slags bakgrund, t ex för visualisering. För mer avancerade tillämpningar, såsom simulering av syntetiska aktörer (agenter), behövs dock verktyg för att göra olika analyser utifrån modellen.

Det finns flera simuleringsramverk på marknaden som innehåller terränganalysfunktioner, men analyserna är typiskt knutna till det aktuella systemet och ofta finns också begränsningar avseende det geografiska underlaget. Det kan t ex handla om att systemet använder en för användaren okänd intern terrängrepresentation (kanske med lägre upplösning än det ursprungliga underlaget för att uppnå realtidsprestanda) eller att det krävs att geografiska data förbehandlas med en särskild programvara. Detta kan leda till problem när olika simuleringssystem ska användas tillsammans. Att få till en ”fair fight” mellan olika system är ett välkänt problem. Det kanske vanligaste fenomenet är siktfältsberäkningar, där aktör A ser aktör B i sitt system, medan B inte ser A i sitt. Detsamma gäller framkomlighet, där exempelvis en framryckningsväg är framkomlig i ett system, men inte i ett annat. En möjlig lösning är förstås att alla aktörer använder samma system. Det är emellertid förenat med andra typer av problem, eftersom simuleringssystemen ofta är avsedda för olika typer av simuleringar på olika nivåer.

Med anledning av ovanstående har projektet valt att satsa på att utveckla mjukvaruverktyg för att kunna öka realismen hos simuleringstillämpningar genom integration av funktioner för avancerad terränganalys. Tanken är att utveckla ett bibliotek av funktioner som kan kopplas till olika typer av simuleringstillämpningar och utföra olika typer av terränganalys på ett effektivt och kontrollerat sätt. Detta har lett fram till utvecklingen av *Geo Analyst Library* (GAL). Genom en modulär uppbyggnad kan verktyget anpassas och skräddarsys efter behov, t ex inlänkas i olika simuleringsramverk eller kompletteras med annan funktionalitet (t.ex. webbtjänster) så att det blir tillgänglig i fler tillämpningar. En utmaning är att utforma verktyget så att det blir återanvändbart i flera tillämpningar. En annan är att terränganalysen ska kunna exekveras snabbt så att den inte orsakar störande fördröjningar hos värdtillämpningen och så att den kan serva ett stort antal förfrågningar. Det innebär att datastrukturer, analysmetoder och gränssnitt måste vara utvecklade med detta i åtanke redan från början.

4.1.1 Från grunddata till 3D-modell

Det första steget är att läsa in geografiskt underlag och sätta samman dessa till en materialklassificerad 3D-modell, skräddarsydd för den efterföljande analysen i GAL. De flesta vanligt förekommande typer av geografiska data stöds, t.ex. shape-filer med byggnadsdata och vägnät, 3D-modeller, markklassificering och höjdmodeller.

I GAL kan ett godtyckligt antal materialklasser specificeras som var och en tillskrivs olika attribut, t.ex. en parameter som indikerar kostnaden för ett objekt att färdas där. I GAL finns för tillfället några typiska material inlagda (asfalt, gräs, etc) och fler kan läggas till

efter behov. Användaren får själv definiera kopplingen mellan det ursprungliga geografiska underlaget och materialklasserna i GAL. Det finns idag nämligen ingen standard att förlita sig på för hur olika material ska representeras och dessutom skiftar behoven mellan tillämpningar.

4.1.2 Analysmetoder

I projektet har fokus varit på två av de mest fundamentala typerna av terränganalys: *ruttplanering* (eller vägsökning) och *siktfältsanalys* (se exempel i avsnitt 3.1).

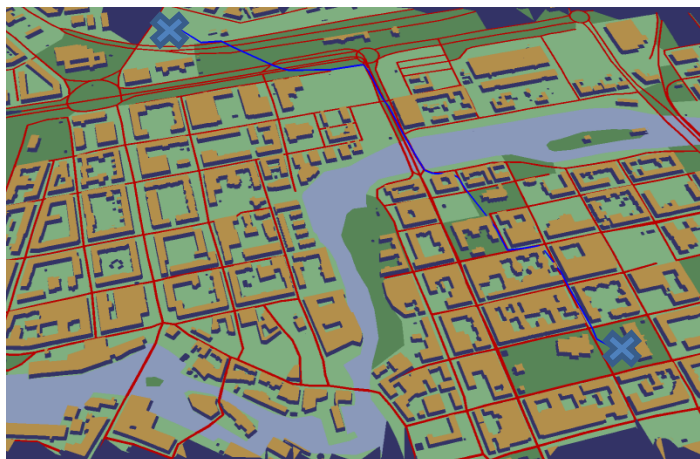
Ruttplanering handlar om att finna den optimala ruten från A till B. Vilken rutt som är optimal beror på flera faktorer: hur terrängen ser ut, vilket objekt det är frågan om och – inte minst – den aktuella situationen. Rent tekniskt implementeras detta genom att använda någon form av sökalgoritm för att (försöka) hitta den rutt som minimerar den totala kostnaden. Den vanligaste tekniken för sökning är den s.k. A*-algoritmen.

GAL är designat så att själva ruttplaneringsfunktioner går att byta ut. Under 2013 implementerade i GAL en grundläggande ruttplaneringsfunktionalitet som främst syftade till att visa terrängens påverkan på resultatet. I denna tilldelades varje marktyp en viss, fast kostnad för en agent att färdas på det materialet. Om kostnaden är densamma för alla material kommer agenten att välja den geometriskt kortaste vägen (t.ex. en fotgängare) och om kostnaden för asfalt är mycket lägre än för övriga material kommer agenten endast där det är absolut nödvändigt att avvika från asfalterade ytor (t.ex. en cyklist). Kostnaderna för respektive material valdes empiriskt för att få ett någorlunda realistiskt beteende hos agenterna.

Till GAL kan fler funktioner adderas, t.ex. för siktanalys och bedömning av hotområden för direkt och indirekt eld, eller för att identifiera nyckelpunkter i terrängen, såsom lämpliga skyddspositioner, observationsställningar, etc. Under 2014 har t.ex. arbete inletts med att införliva en mer avancerad vägsökningsalgoritm i GAL, utvecklad av FFI (se avsnitt 6.1.1).

4.1.3 Grafiskt användargränssnitt

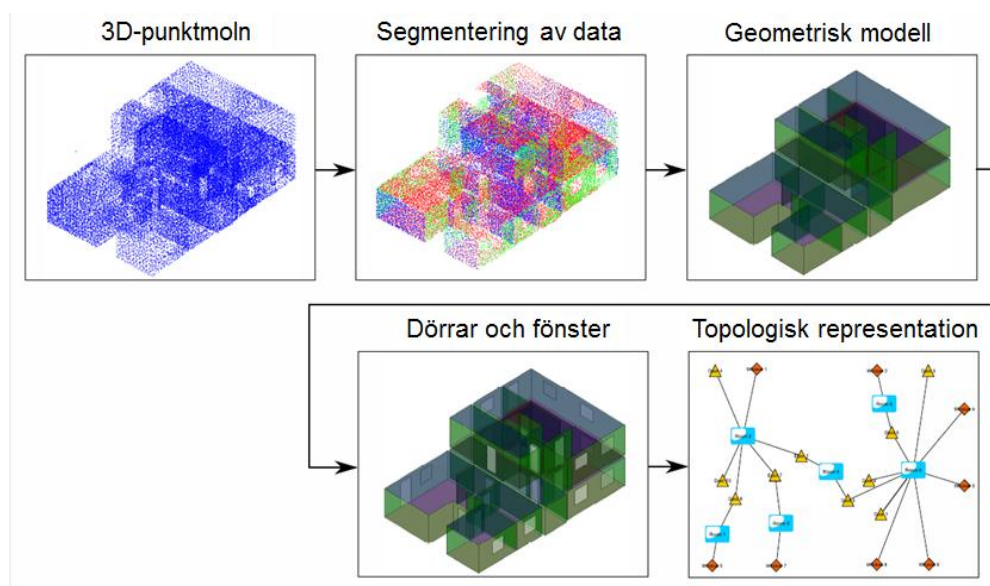
För att kunna validera kvalitet och relevans hos de framtagna analysmetoderna är det synnerligen önskvärt med något sätt att visualisera resultaten. Visualisering är också nödvändig för att tillgängliggöra analysmetoderna för användare (och inte bara bygga in dem i andra system). Därför har projektet också arbetat med att bygga ett grafiskt användargränssnitt runt analyskärnan. Detta grafiska gränssnitt härrör från tidigare FoT-verksamhet. Ett exempel på en visualisering av en rutt framtagen i en urban miljö visas i Figur 8.



Figur 8. Bilden visar ett visualisering av en analys utförd med GAL. Den blå linjen visar den optimala rutten mellan de två punkterna markerade med kryss. Obs att kryssen är dritrade i efterhand för att öka tydligheten.

4.2 3D-modellering av inomhusmiljöer

I projektet gjordes ett exjobb som gick ut på att utveckla metoder för att automatiskt 3D-modellera en inomhusmiljö. Exjobbet byggde vidare på grundläggande 3D-geometrifunktioner från ett arbete från 2012 och resulterade i en kedja som steg för steg omvandlar 3D-mätpunkter till en högnivåbeskrivning av en byggnad. Beskrivningen inkluderar objekt såsom tak, golv, väggar, rum, fönster och dörrar, samt en topologisk beskrivning av hur dessa hänger samman. Slutresultatet är en beskrivning av byggnaden som en graf där noderna är objekt och bågarna mellan noderna talar om hur objekten är förbundna med varandra. Se Figur 9. Man brukar ibland tala om semantiskt berikade modeller, att jämföra med vanliga geometriska modeller. Resultatet har efter detta använts i ett annat projekt på FOI (SLAM & ATR). För mer detaljer angående detta arbete, se (Dahlin, 2013).



Figur 9. Illustration av de olika stegen i 3D-modelleringsprocessen för inomhusmiljöer.

Som exempel valdes Strid i bebyggelse-anläggningen (SiB:en) i Kvarn. Syftet med detta arbete var att visa att modellering av inomhusmiljöer kan automatiseras. Arbetet lägger

grunden till mer kompletta modeller där inomhusmodeller kan kombineras med exteriörmodeller och representeras som en semantiskt berikad modell, t.ex. på formatet CityGML.

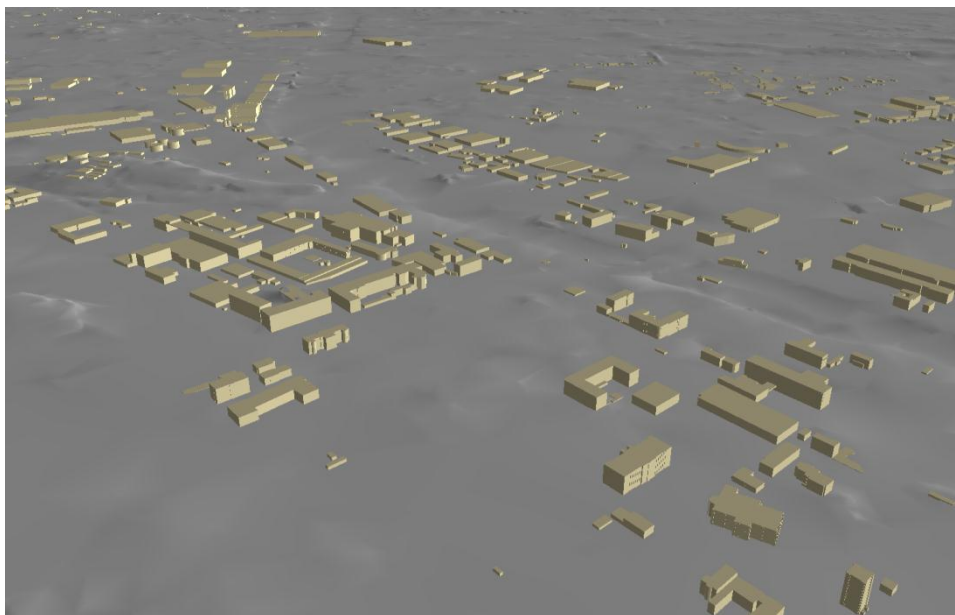
4.3 CityGML

Projektet har byggt kunskap och verktyg avseende hantering av CityGML¹ – ett standardiserat dataformat för lagring av 3D-modeller av urbana miljöer. Den stora fördelen med CityGML är dess förmåga att förutom ”vanliga” modellegenskaper geometri och textur även beskriva relationer mellan objekt och flera olika attribut. Sedan tillkomsten har CityGML fått ökat intresse i militära sammanhang. Bland annat har en utredning beställd av brittiska MoD förordat CityGML som lagringsformat för urbana modeller².

4.3.1 Skapa CityGML från grunddata

Under projektet har en ”pipeline” för framställning av CityGML-modeller utifrån existerande kart- och geodataunderlag tagits fram. Flera objektstyper har studerats, såsom markmodell, byggnader, vegetation, ”city furniture” (t ex belysningsstolpar), vattenområden och vägar.

Verktyget som används är FME Desktop (Feature Manipulation Engine) från Safe Software som används flitigt av kommuner, myndigheter och industri för att konvertera mellan mängder av olika dataformat. Verktyget tillåter även att man utvecklar egna analysmoduler och inkluderar dessa i processflödet när de inbyggda funktionerna inte räcker till för att uppnå önskat resultat.



Figur 10. Utsnitt ur ett exempel på CityGML-modell för Norrköping, skapad med FME utifrån grunddata: baskarta med byggnadspolygoner, markmodell och ythöjdmodell (för höjdsättning av byggnader).

1 A. Stadler och T. H. Kolbe, ”Spatio-semantic coherence in the integration of 3D city models”, Proceedings of 5th International ISPRS Symposium on Spatial Data Quality ISSDQ, Enschede, 2007.

2 Envitia Ltd and Helyx SIS Ltd, ”Task 4 - Creating Urban 3D Environments”, Report number SD0009-01, 2012.

4.3.2 Läs in och visualisera CityGML

Projektet har tagit fram ett verktyg för att kunna läsa in CityGML-modeller i ett större ramverk. Utgångspunkten för att integrera CityGML har varit *libcitygml*³, ett öppet C++-kodbibliotek för parsning av CityGML-modeller. Detta bibliotek utökades i projektet för att kunna hantera fler objektstyper än vad som ursprungligen var fallet och har även kompletterats med förmåga att läsa ut attributinformation för enskilda objekt och förmedla den vidare i kedjan. Det gör bl a att de komponenter som svarar för uppritningen av objekt har dessa attribut knutna till sig så att de t ex kan användas för selektion av vad som ska ritas upp. Genom en sådan här modul kan nu CityGML-modeller läsas in till och analyseras i terränganalysbiblioteket GAL.

4.4 Infrastruktur för geodata

En del av projektet har gått ut på att bygga kompetens avseende infrastruktur för ökad interoperabilitet för geodata. Sådan teknik brukar betecknas SDI (Spatial Data Infrastructure) och handlar om t.ex. databaser och klient-server-arkitekturer. Projektet har fokuserat på teknik och datastrukturer för att göra data tillgängliga via standardiserade gränssnitt samt klient-server-arkitekturfrågor. Sådana här frågor blir allt vanligare, inte minst för Forsvarsmakten som just nu diskuterar hur framtidens geodataförsörjning och kommande generationers geodataportaler ska se ut.

4.4.1 Databaser för komplexa XML-scheman

Projektets har bland annat fokuserat på databaser för komplexa xml-scheman. Syftet är att förenkla arbetet med komplexa datamodeller som normalt delas som filer. Dessa filer kan vara väldigt stora och att kunna hantera delar av dessa filer utan informationsförlust är såväl önskvärt som långt ifrån trivialt. Arbetet resulterade i ett konferensbidrag som presenterades på konferensen GEOProcessing 2013 i Nice (Follo m.fl., 2013). Bidraget handlar om tekniker för att förenkla hanteringen av CityGML-modeller med hjälp av databaser. Ett problem är nämligen att CityGML-modeller genererar stora och komplexa filer som är besvärliga att hantera. En lösning kan då vara att lagra dem i en databas. Idag saknas dock smidiga verktyg för att få till denna koppling. I konferensbidraget föreslås ett sätt att utvärdera olika alternativ för att få till en databaskoppling för komplexa xml-scheman med särskilt fokus på CityGML.

Processen att gå från en datamodell beskriven av ett XML-schema till en representation av modellen i en databas kan delas upp i två faser. Dessa behöver inte vara separata men är det ofta i praktiken. Den första fasen utgår från ett XML-schema som beskriver modellen, exempelvis CityGML, och genererar källkod som kan användas för att maskinellt läsa och skriva XML-dokument (*marshaling/unmarshaling*) innehållandes denna modell.

Den andra fasen modifierar den tidigare genererade källkoden så att den interna representationen inte primärt jobbar mot datorns RAM-minne utan mot en databas. Utöver detta måste det genereras källkod som skapar och kopplar samman tabellerna i databasen vari modellerna skall lagras. Ofta benämns detta *Data Definition Language* (DDL) och består ofta av ett eller flera SQL-skript i de fall man använder sig utav en relationsdatabas. För att gå från en representation av en modell beskriven av ett XML-schema till en databasrepresentation på ett för applikationen så effektivt sätt som möjligt krävs en rad skräddarsydda justeringar (*customizations*). Ett exempel på en sådan justering kan vara att en viss XML-typ skall representeras av en viss databastyp, till exempel kan man tänka sig att en komplex XML-typ som representerar en polygon skall representeras av en i databasen inbyggd polygondatatyp.

³ <http://code.google.com/p/libcitygml/>

4.4.2 Geoserver

Projektet har också byggt kunskap kring klient-server-teknik och i samband med det implementerat olika typer av serverkonfigurationer för hantering av geodata. En intern server upprättades för några år sedan och har sedan dess använts flitigt, såväl för databearbetning och test av olika koncept (xml-dokumenthantering, 3D-databaser, etc.) som för intern dataförsörjningsnod på FOI. Under 2013-2014 har ytterligare en server köpts in och driftsatts. Den har redan använts för FOI-intern utveckling och test av bl.a. överföring av sensordata i realtid till en kartvy. Förhoppningen är att den ska kunna byggas ut och användas i flera olika verksamheter framöver, t.ex. för test och utveckling av olika former av beräkningstjänster.

5 Presentationer och demonstrationer

Projektet har vid flera tillfällen demonstrerat och presenterat framtagna resultat för olika åhörarskaror:

- FoT M&S Kista dec 2012 – Geodata via webbtjänster
- Arméns Jägarbataljon Arvidsjaur juni 2013 – Presentation av möjligheter med 3D-baserad terränganalys
- FMV MS462 (GIS/GIT) Linköping sept 2013 – demo ruttplanering
- MSS Kvarn okt 2013 – demo ruttplanering
- FMV MS462 (GIS/GIT) Linköping juni 2014 – demo siktfältsanalys i 3D
- Arméns Jägarbataljon Arvidsjaur/Tåme juni 2014 – expertstöd, workshop och demo ruttplanering och siktfältsanalys i 3D
- SNR Air Linköping okt 2014 – presentation av terränganalys i olika tillämpningar inför representanter från HKV och AFRL, USA.
- MSS Skövde nov 2014 – demo siktfältsanalys i 3D

6 Samarbeten

I det här avsnittet beskrivs kort samarbeten som projektet har eller har haft.

6.1.1 FFI, Norge

Sedan juli 2014 finns ett samarbetsprojekt mellan FOI och FFI⁴. Från svenskt håll deltar förutom det här projektet även FoT-projektet Syntetiska Aktörer. Inom ramen för samarbetet ska FOI och FFI under tre år bedriva gemensam FoU bl.a. avseende terränganalysmetoder för att förbättra kvaliteten på simuleringar. Det gemensamma projektets innehåll, omfattning och upplägg diskuterades på möten 2013 och 2014, och det senaste halvåret har konkret samarbete inletts på ett bra sätt. FOI har bl.a. tillhandahållit den senaste versionen av GAL och diverse stödfunktioner och tanken är att FFI ska kunna införliva sin avancerade ruttplaneringsalgoritm i detta ramverk och att flera funktioner ska läggas till. Test och utveckling sker med en gemensam 3D-omvärldsmodell. Målsystemet är VR Forces och det övergripande syftet är att simuleringarna i det systemet ska bli mer trovärdiga.

Inom samarbetet planeras också ett antal publikationer. Innehållet i och tidplan för dessa kommer att diskuteras närmare under våren 2015.

6.1.2 Syntetiska aktörer

Projektet Syntetiska aktörer har under några år utvecklat ett eget ramverk för populationssimulering – PopSim. PopSim inkluderar olika typer av beteendemodeller, t.ex. för hur information sprids, vad invånarna sysselsätter sig med och hur de rör sig i miljön. Omvärldsmodellering har samarbetat med Syntetiska aktörer runt den sista punkten för att få agenterna att röra sig på ett mer dynamiskt sätt och inte följa förutbestämda, hårdkodade rutter. Konkret har samarbetet gått ut på att utveckla en metod för ruttplanering och integrera den i PopSim.

6.1.3 Ökad förmåga med spel för träning övning och insats

Samarbetet med projektet Ökad förmåga med spel för träning övning och insats har varit en nyckel till det goda samarbetet mellan FOI och Arméns Jägarbataljon under övningen 2014. Omvärldsmodellering har bidragit med frågeställningar av teknisk karaktär som sedan Ökad förmåga med spel för träning övning och insats har omhändertagit på bästa sätt och införlivat i övningskonceptet och dessutom gjort huvuddelen av dokumentation och rapportering. Just kombinationen av kompetens avseende teknik och metodik har varit väldigt effektiv för att nå fram till förbandet och kunna värdera teknik i ett realistiskt sammanhang. Det projektet har även lett arbetet med publikationen till I/ITSEC.

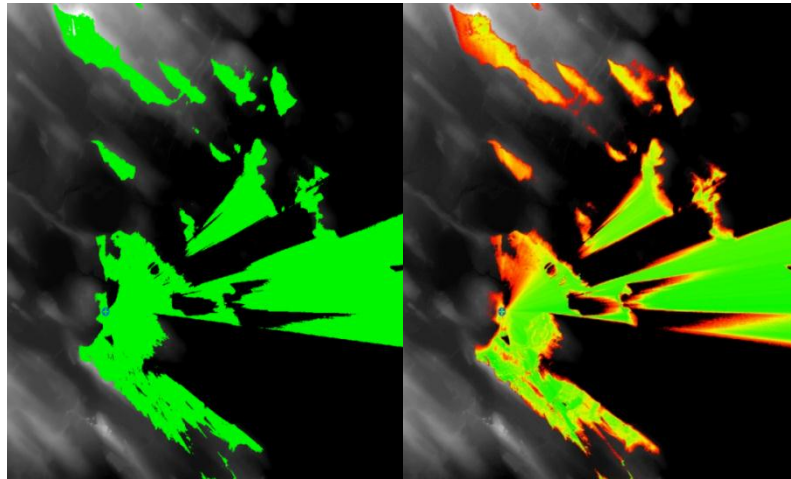
6.1.4 Simuleringsbaserad Försvarsplanering

Inom Simuleringsbaserad Försvarsplanering används stora mängder (100000-tals) simuleringar som underlag för att utvärdera planer och att se mönster i hur olika faktorer påverkar utgången av en strid. Det aktuella scenariot utspelar sig på marken, varför det är viktigt att simuleringarna kan ta hänsyn till terrängaspekter. Denna frågeställning visade sig sammanfalla väl med Omvärldsmodelleringens kompetens och tekniska verktyg. Under 2014 har projekten därför tillsammans lagt grunden för fortsatt samarbete, bl.a. genom en gemensam metod för att framställa terrängmodeller från grunddata som både kan användas i FLAMES och i GAL.

⁴ TECHNICAL ARRANGEMENT No 4 FFI-FOI: Terrain Analysis and Synthetic Agents, 2014.

6.1.5 Geoinformatik

Projektet Geoinformatik genomförs 2014 på FOI på uppdrag av FMV. En del i Geoinformatikprojektet har bestått i att utveckla en metod för siktfältsberäkningar som inte ger ett vanligt binärt svar (0=inte sikt eller 1=fri sikt) utan som införlivar osäkerheter i höjddata i beräkningsprocessen för att istället beräkna en *sannolikhet* för fri sikt (mellan 0 och 100 %). Se exempel i Figur 11.



Figur 11. Vänster: traditionell siktnalys. Höger: Sannolikhetsbaserad siktnalys som tar hänsyn till osäkerheter i indata.

Sådant underlag användes av AJB under övningen i juni för planering på stabsnivå. Geoinformatik samarbetade även med Omvärldsmodellering i samordningen av en workshop på FOI Linköping med AJB.

Då siktfältberäkningar är ett gemensamt intresse mellan de båda projekten finns planer på hur resultat från de båda projektet kan kombineras, t.ex. för att göra sannolikhetsbaserade siktfältsberäkningar (Figur 11) i full 3D i realtid.

6.1.6 SWERISK

Transferprojektet SWERISK (2011-2013) gick ut på att ta fram ett datorprogram för riskbedömning i samband med röjning av oexploderad ammunition (OXA). För detta behövde man ta hänsyn till terrängens splitterbromsande effekter. Kunskap som byggts inom Omvärldsmodellering angående olika slags geodataunderlag och kartmotorer nyttjades inom SWERISK.

6.1.7 RDECOM/STTC, Orlando

Inom projektet har vissa kontakter förevarit mellan FOI och RDECOM/STTC (Simulation and Training Technology Center) i Orlando inom informationsutbytesavtalet IEA-A-01-SW-1605 (Modeling and Simulation Technologies). I april 2013 hölls ett möte mellan FOI och STTC i Orlando. Mötet var en följd av diskussionerna mellan FOI och RDECOM hösten 2011, då de båda parterna bestämde sig för att utbyta forskningsresultat. På mötet mottog programvaran SHADE (*Shared Architecture för Dynamic Environments*) i utbyte mot PopSim. SHADE kan beskrivas som ett ramverk för hantering av dynamisk terräng. Modifieringar av terrängen, t.ex. bildandet av en krater i samband med en simulerad explosion eller en bro som sprängs, får direkt genomslag i de andra simulatorsystemen så att analyser och visualiseringar hela tiden kan ske med uppdaterade och korrelerade terrängbeskrivningar. SHADE som koncept rimmar väl med tidigare FoT-verksamhet (t.ex. projektet Dynamisk Terräng från 2006) och Nationellt Träningsnätverk några år

senare, men för tillfället är det oklart hur behovsbilden inom det här området ser ut framöver.

7 Publikationer

- Johan Dahlin, “3D Modeling of Indoor Environments”, FOI-S--4447--SE (publicerad i LiTH-ISY-EX--13/4701--SE), 2013.
- Peter Follo, Robert Forsgren och Gustav Tolt, “Marshaling and unmarshaling CityGML using various XML bindings techniques”, Geoprocessing 2013, Nice, Frankrike, februari 2013.
- Gustav Tolt, Omvärldsmodellering – verksamheten 2013, FOI Memo 4693, 2013.
- Gustav Tolt, Peter Follo, Johan Hedström och Torbjörn Härje, Årsrapport för Omvärldsmodellering 2012, FOI-R--3553--SE, 2012.
- Per Wikberg, Mirko Thorstensson, Peter Hammar och Gustav Tolt, Mission Integrated Simulation – A Case Study, Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC) 2014.

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



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

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

www.foi.se