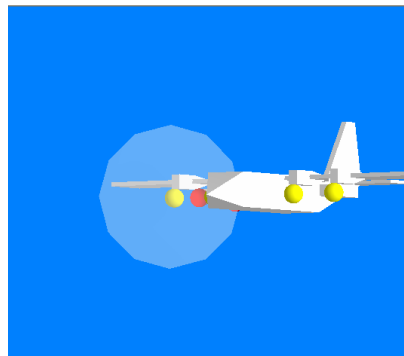
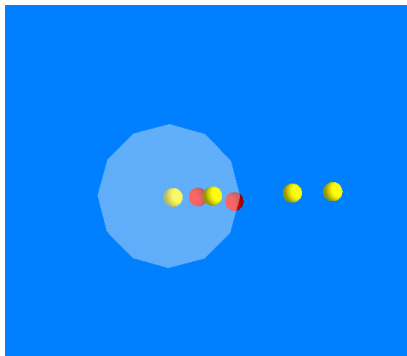


Annelie Tonnvik

Skymda mål i ACSL-modell



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Ledningssystem
Box 1165
581 11 Linköping

FOI-R--1367--SE

November 2004

ISSN 1650-1942

Metodrapport

Annelie Tonnvik

Skynda mål i ACSL-modell

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1367--SE	Klassificering Metodrapport
	Forskningsområde 6. Telekrig och vilseledning	
	Månad, år November 2004	Projektnummer E7014
	Delområde 61 Telekrigföring med EM-vapen och skydd	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Annelie Tonnvik	Projektledare Mattias Verona	
	Godkänd av Mikael Sjöman	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Skymda mål i ACSL-modell		
Sammanfattning (högst 200 ord) Inom FoT-projektet Teknisk hotsystemvärdering utvecklas simuleringsmodeller som beskriver befintliga militära hotrobotsystem. För detta ändamål används främst simuleringspråket ACSL. I de modeller av IR-robotmodeller som finns inom projektet representeras mål och facklor ofta med hjälp av punktmål, och eventuella skymningseffekter negligeras. Den här rapporten beskriver en metod för att beräkna om eventuella facklor är skymda bakom en utbredd flygplanskropp. Metoden använder tre olika nivåer på upplösningen på det skymmande objektet för att minska beräkningstiden. En ACSL-modul för metoden har implementerats och beskrivs i rapporten.		
Nyckelord		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 24 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1367--SE	Report type Methodology report
	Programme Areas 6. Electronic Warfare and deceptive measures	
	Month year November 2004	Project no. E7014
	Subcategories 61 Electronic Warfare including Electromagnetic	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Annelie Tonnvik	Project manager Mattias Verona	
	Approved by Mikael Sjöman	
	Sponsoring agency	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Hidden targets in ACSL model		
Abstract (not more than 200 words) <p>Within the project Technical Threat System Assessment, simulation models that describe existing military threat system, are developed. For this purpose, the simulation language ACSL is being used. In the models of IR-missiles, target and flares are often represented as point sources, and obscuration effects are ignored.</p> <p>This report describes one method to determine whether flares are hidden behind an aircraft body. The method uses three different levels of resolution of the obscuring target, to reduce the calculation time. An ACSL module for the method has been implemented, and is described in the report.</p>		
Keywords		
Further bibliographic information		Language Swedish
ISSN 1650-1942		Pages 24 p.
		Price acc. to pricelist

Innehållsföreteckning

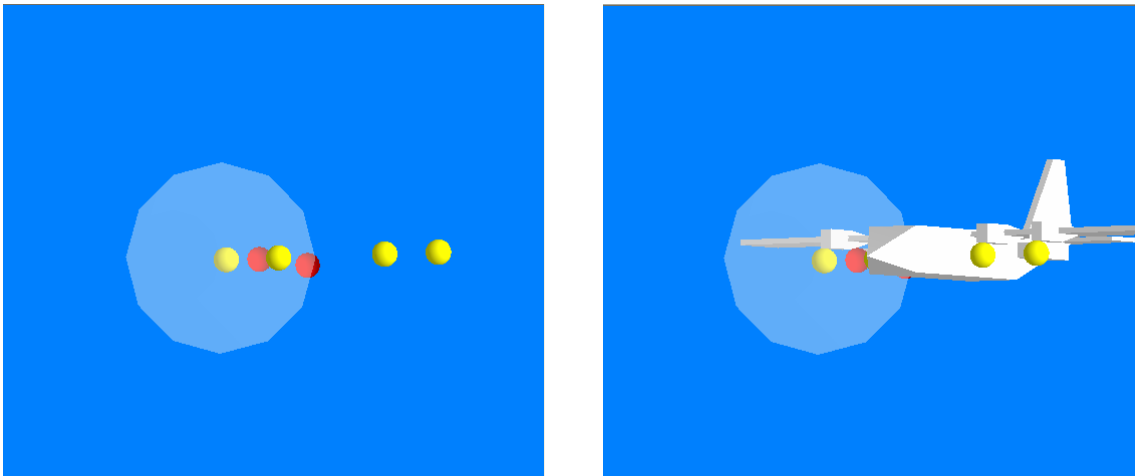
1	Inledning.....	5
2	Bakgrund	6
3	Teori.....	7
3.1	Målsökaren	7
3.2	Målet.....	7
3.2.1	Trianglar.....	7
3.2.2	Nät.....	8
3.3	Skymd punkt.....	8
3.3.1	Omslutande rektangel.....	8
3.3.2	Innanför triangel.....	9
3.3.3	Bakom eller framför triangel.....	9
4	Implementering	11
4.1	ACSL.....	11
4.2	Detaljeringsnivå.....	11
4.3	Delparametrar.....	12
4.3.1	Indata.....	12
4.3.2	Utdata	12
4.3.3	Koordinatsystem.....	12
4.3.4	Synfält.....	12
4.3.5	Målobjekt.....	13
4.4	Beräkningsgång.....	13
4.5	Flödesdiagram.....	15
5	Integration av ”obscure”-modulen i en modell.....	16
5.1	Blocket.....	16
5.2	Grafiska objekt	17
5.3	Struktur.....	17
6	Resultat	19
6.1	Visualisering av resultat.....	19
6.2	Tidberäkning.....	20
6.3	Verkansdiagram.....	21
7	Sammanfattning och fortsatt arbete	23
7.1	Sammanfattning.....	23
7.2	Fortsatt arbete.....	23
8	Referenser.....	24

1 Inledning

I FoT-projektet Teknisk hotsystemvärdering utvecklas simuleringsmodeller som beskriver befintliga militära hotrobotsystem. För detta ändamål används främst simuleringspråket ACSL (Advanced Continuous Simulation Language, se även kapitel 3.3) [1] med tillhörande grafiska verktyget GM (Graphical Modeller) [2]. Modellerna används ofta i värderingssammanhang där tiotusentals simuleringar analyseras och värderas. Detta ställer höga krav på simuleringsmodellens snabbhet, vilket i sin tur medför att förenklade sensorbeskrivningar måste användas. I det på FOI utvecklade programmet AFE (Advanced Front End) [3] kan simuleringarna visualiseras och analyseras.

2 Bakgrund

I de ACSL modeller av IR-robotsystem (IR = Infraröd) som finns inom projektet representeras ofta mål och facklor med hjälp av punktmål. Ett generellt problem vid simuleringar är hur skymningseffekterna behandlas i modellerna. Om skymningseffekterna negligeras kommer en fackla som fälls och som kanske egentligen skulle döljas av målets kropp, att vara fullt synlig för målsökaren och därmed påverka målsökarens följning, och scenariots utfall, se figur 1.



Figur 1. De gula bollarna representerar flygplanets motorer och de röda bollarna fällda facklor. Missilens synfält representeras av den ljusblå cirkeln. I den vänstra bilden visas målen endast som punktmål och båda facklorna är fullt synliga för målsökaren. I den högra bilden har ett flygplan lagts till och man kan se att flygplanskroppen skymmer den högra facklan, som således inte borde vara synlig för målsökaren.

I de fall målet är litet och rör sig snabbt så spelar det mindre roll, men då målet är stort samtidigt som synfältet är litet kan det ha avgörande betydelse. För att undvika detta har det tagits fram en beräkningsmässigt snabb metod för att kontrollera om facklan är dold bakom kroppen. Metoden, som arbetar med flera detaljningsnivåer på de 3D-objekt som beskriver det skymmande målet, beskrivs i denna rapport tillsammans med implementationen i form av en ACSL-modul. Skymningsmodulen är digital, d.v.s. antingen är facklan synlig eller så är den skymd. Motivet för att inte räkna på delvis skymda facklor är att beräkningsmängden skulle bli tyngre samt att fackelmodellen skulle behöva göras mer avancerad (3-D).

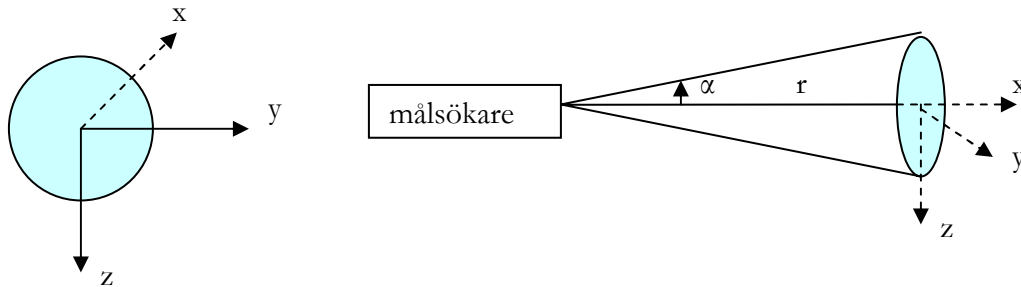
Rapporten börjar med en genomgång av den använda metoden för skymningseffekter, sedan följer en genomgång av den implementerade ACSL-modulen, följt av en beskrivning hur modulen kan integreras i en existerande hotrobotmodell. Efter det kommer ett kapitel som innehåller visualisering av resultatet, ett enklare tidberäkningstest, samt exempel på hur modulen kan påverka utfallet i simuleringar. Avslutningsvis kommer en sammanfattning samt förslag på fortsatt arbete.

3 Teori

I detta kapitel beskrivs en metod för att bestämma om punktmål är dolda bakom ett utbrett mål. Metoden utgår från ett punktmål p , samt ett utbrett mål som består av ett nät (se kap 3.2.2) med trianglar (se kap 3.2.1). Dessa trianglar kontrolleras sedan var för sig, för att se om punkten p är dold bakom dem.

3.1 Målsökaren

Då det hela handlar om vad målsökaren ser eller inte ser, känns det naturligt att hantera problemet i målsökarens eget koordinatsystem. Målsökarens synfält är cirkelformat och centrerat i yz -planet. Synfältets storlek bestäms av vinkeln α , som är målsökarspecifik, samt avståndet r , till målsökaren, se figur 2.



Figur 2. Beskrivning av målsökarens synfält och koordinatsystem.

Det är onödigt att räkna på mål (facklor) som målsökaren inte ser, d.v.s. mål som ligger utanför synfältet. Detta gäller dock inte det skymmande objektet då dess kropp kan ligga inom synfältet även om dess tyngdpunkt inte gör det. Det första som bör göras är alltså att plocka ut de mål (facklor) som ligger inom synfältet.

Nästa steg är att bestämma vilka av dessa mål (facklor) som är skymda för målsökaren. För att avgöra det behövs en beskrivning av målet.

3.2 Målet

Det skymmande målet kan byggas upp med hjälp av ett nät av polygoner. I vår använda metod måste alla polygoner vara trianglar.

3.2.1 Trianglar

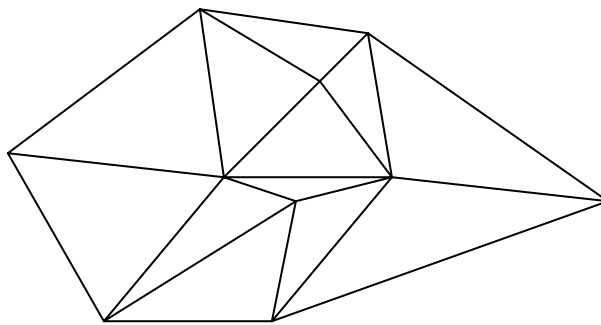
En triangel består av tre punkter sammanhållna av tre linjer, samt arean innanför dessa linjer. En triangel måste vara så stor att de tre punkterna inte ligger på samma linje. En kantlinje till en triangel kan beskrivas med hjälp av formeln 1, där (x_1, y_1) och (x_2, y_2) är de två hörnpunkter i triangeln som hör till linjen.

$$y - y_1 - \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) = 0 \quad (1)$$

Om triangelns tredje hörn sätts in i ovanstående formel fås ett positivt värde om punkterna är valda motsols och ett negativt om punkterna är valda medsols.

3.2.2 Nät

Ett nät består av ett flertal polygoner som delar vissa punkter. I vårt fall består polygonerna av trekanter. Se figur 3.



Figur 3. Ett nät bestående av trianglar.

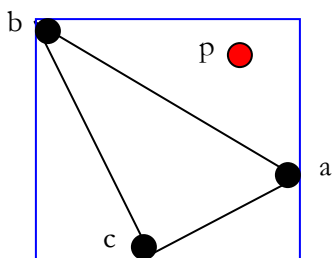
Den representation av nät som vi använder består av två matriser. Den ena beskriver de hörnpunkter som finns, den andra talar om vilka punkter som bildar trianglar.

3.3 Skydd punkt

Problemet kan nu brytas ner till att bestämma om en punkt är skydd bakom en triangel. I det här avsnittet beskrivs hur man beräknar om en given punkt i rumden är dold bakom en given triangel. Vi utgår från en punkt i rumden p , och en triangel t , med hörn i a , b , c . Till att börja med bortser vi från djupet i bilden och använder således bara 2D-projektionen av triangeln.

3.3.1 Omslutande rektangel

Skapa en rektangel som är den minsta möjliga rektangel som omsluter triangeln helt, se figur 4, genom att ta triangelns max och min-värde i x- och y-led.



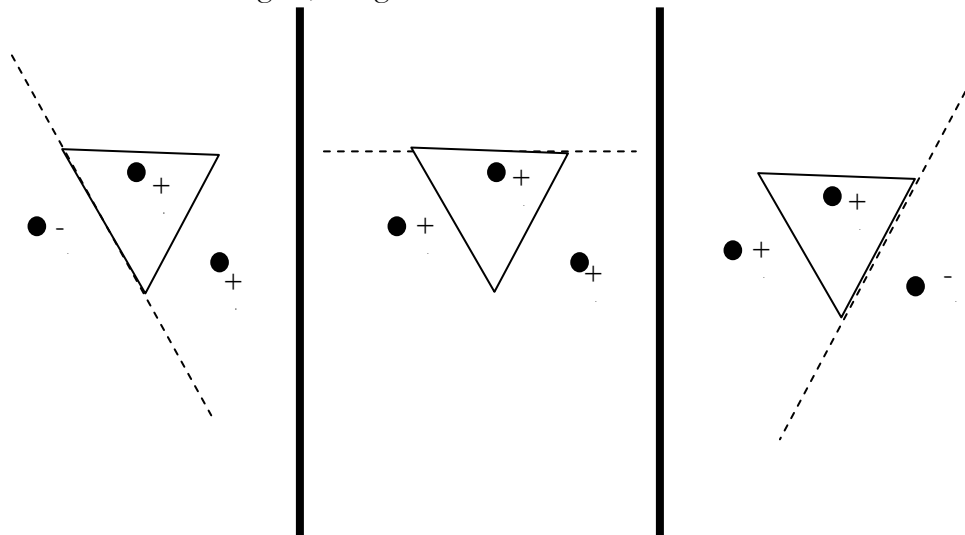
Figur 4. Triangel med omslutande rektangel

Om punkten p ligger i rektangeln finns det en möjlighet att punkten även ligger bakom triangeln. Om punkten ligger utanför rektangeln skymms inte punkten av triangeln.

3.3.2 Innanför triangel

Nästa steg är att kontrollera om punkten som ligger i rektangeln, även ligger inuti triangeln. För att detta ska fungera så måste triangelns hörn vara ordnade motsols sett från punkten p . Detta kan kontrolleras och rättas till med hjälp av formel 1.

För att kontrollera att en punkt ligger innanför triangelns sidor används ett liknande tillvägagångssätt. Om punkten ligger innanför triangeln kommer den att generera ett positivt värde i formel 1, för alla tre sidor i triangeln. Ger den för någon av sidorna ett negativt värde så ligger punkten utanför triangeln, se figur 5.



Figur 5. Endast den punkt som ligger innanför triangeln genererar ett positivt tal med formel 1, vid alla tre sidolinjer.

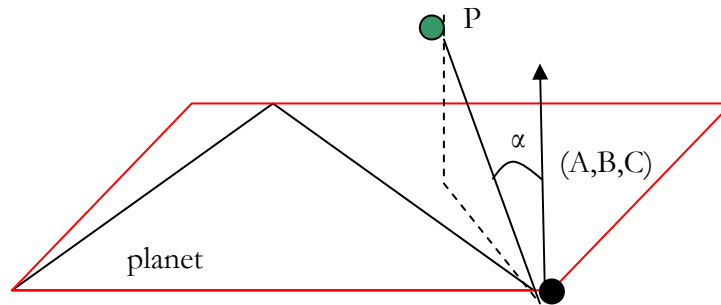
3.3.3 Bakom eller framför triangel

Om det är konstaterat att en punkt ligger innanför triangelns sidor så är nästa steg att kontrollera om punkten ligger framför eller bakom triangeln. Nu måste problemet utvidgas till tre dimensioner igen, eftersom triangelns plan inte behöver ligga vinkelrätt på koordinat-

systemets axlar. För att klara av detta så behövs planets normal. Den fås av planets ekvation $Ax + By + Cz + D = 0$. Konstanterna beräknas enligt formel 2.

$$\begin{aligned}
 A &= \begin{vmatrix} 1 & y_2 & z_1 \\ 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \end{vmatrix} & B &= \begin{vmatrix} x_1 & 1 & z_1 \\ x_2 & 1 & z_2 \\ x_3 & 1 & z_3 \end{vmatrix} \\
 C &= \begin{vmatrix} x_1 & y_2 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} & D &= - \begin{vmatrix} x_1 & y_2 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Planets normal blir då (A,B,C) . Genom att utnyttja skalärprodukten mellan två vektorer (U och V), $U \cdot V = |U| \cdot |V| \cos(U,V)$, beräknas vinkeln α mellan planets normal, och en vektor mellan punkten p och en punkt i triangeln, till exempel en av hörnpunkterna, se figur 6. Om vinkeln mellan vektorerna är mindre $\pi/2$ är punkten skymd av triangeln.



Figur 6. Bilden beskriver ett plan med normalen (A,B,C) , samt en punkt P , som ligger utanför planet.

4 Implementering

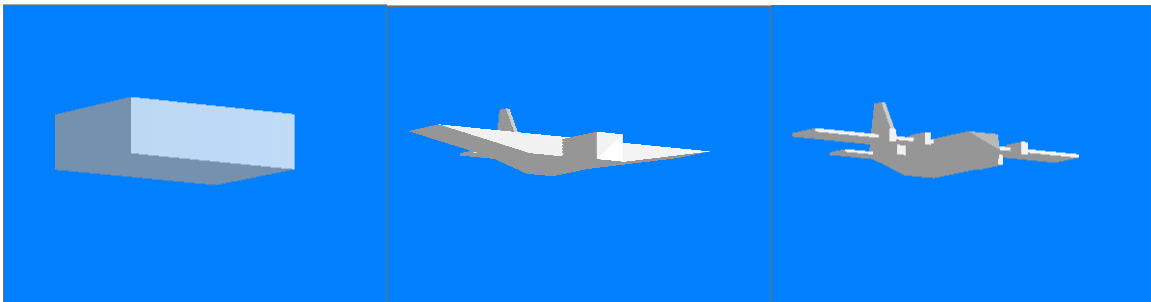
Kapitlet beskriver en modul, skriven som ett ACSL-block, för att enkelt kunna infogas i en befintlig eller ny missilmodell. Som exempel används ett mål i form av ett fyrmotorigt flygplan med extratankar. Först kommer en kort presentation av den använda simuleringsmiljön, följt av en beskrivning av detaljeringsnivåerna på det skymmande objektet. Sedan följer en genomgång av de ingående parametrar som finns tillgängliga, och en redovisning av beräkningsgången.

4.1 ACSL

ACSL (Advanced Continuous Simulation Language) [1] används för att modellera system som beskrivs av tidsberoende, ickelinjära differentialekvationer och/eller överföringsfunktioner. ACSL-koden liknar FORTRAN och översätts även till FORTRAN, som sedan kompileras. Kompileringen medför att simuleringarna blir effektiva även vid stora modeller. För att underlätta modellerandet finns ACSL GM (Graphical Modeller). Med ACSL GM modelleras modellerna grafiskt och delmodeller kan sparas för återanvändning i s.k ”rack”. Modulen som beskrivs i det här kapitlet är gjort som en sådan delmodell, och kan enkelt integreras i en befintlig modell, se kapitel 5.

4.2 Detaljeringsnivå

För att snabba upp beräkningarna har problemet delats upp i tre olika nivåer, se figur 7. De olika nivåerna representeras av tre olika detaljeringsnivåer på det skymmande objektet. Första nivån består endast av en box, andra nivån av ett grovt tillyxat plan, medan tredje nivån är tillräckligt detaljerat för att beskriva den rätta formen på planet. Viktigt är att flygplanet i nivån över (med lägre upplösning) måste innesluta flygplanet i den aktuella nivån. Objekten läses in en gång, initialt, i simuleringen. Ett enklare test för att visa att tidsåtgången blir mindre vid användande av tre nivåer istället för en, redovisas i kapitel 6.2.



Figur 7. De tre olika detaljeringsnivåerna. Den vänstra bilden visar den lägsta upplösningen på flygplanet, den mellersta bilden visar en mellannivå på upplösningen. Den högra bilden visar den högsta upplösningen på flygplanet.

4.3 Delparametrar

4.3.1 Indata

De indata som behövs för beräkningarna i modulen "Obscure" är:

- Målets position i jordfasta koordinatsystemet, (rte)
- Missilens eulervinklar, (eulerm)
- Missilens position i jordfasta koordinatsystemet, (rme)
- Målsökarens eulervinklar, (eulers)
- Matris som innehåller målens (motorer och facklor mm) positioner i målsökarens koordinatsystem, (tgmts)
- Matris som innehåller information om målen (motorer och facklor mm), så som typ av mål, position i jordfasta koordinatsystemet, strålning mm, (tmat)
- Matris som beskriver målets (flygplanets) rotation, (mx)
- Tgphipol, målens polära utvridningsvinklar i målsökarens koordinatsystem

4.3.2 Utdata

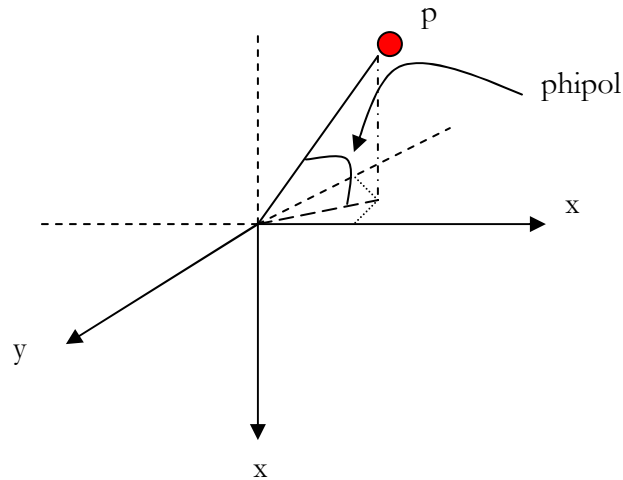
- Matris som innehåller information om målet (motorer och facklor mm), så som typ av mål, position, strålning mm. Samma som i indata, men med modifierade värden på strålningen för de facklor som är skymda.

4.3.3 Koordinatsystem

I modellen finns tre olika koordinatsystem, jordkoordinatsystemet, missilens koordinatsystem samt målsökarens koordinatsystem. För att gå mellan dessa koordinatsystem används missilens, resp. målsökarens utvridningsvinklar.

4.3.4 Synfält

Ligger facklorna inom missilens synfält? Detta kontrolleras lätt med hjälp av parametern tgphipol (se figur 8), IR-objektens polära vinkel i målsökarens koordinatsystem. Om tgphipol är mindre än halva synfältet (FOV) ligger facklan i synfältet.



Figur 8. Illustration av *phipol*

4.3.5 Målobjekt

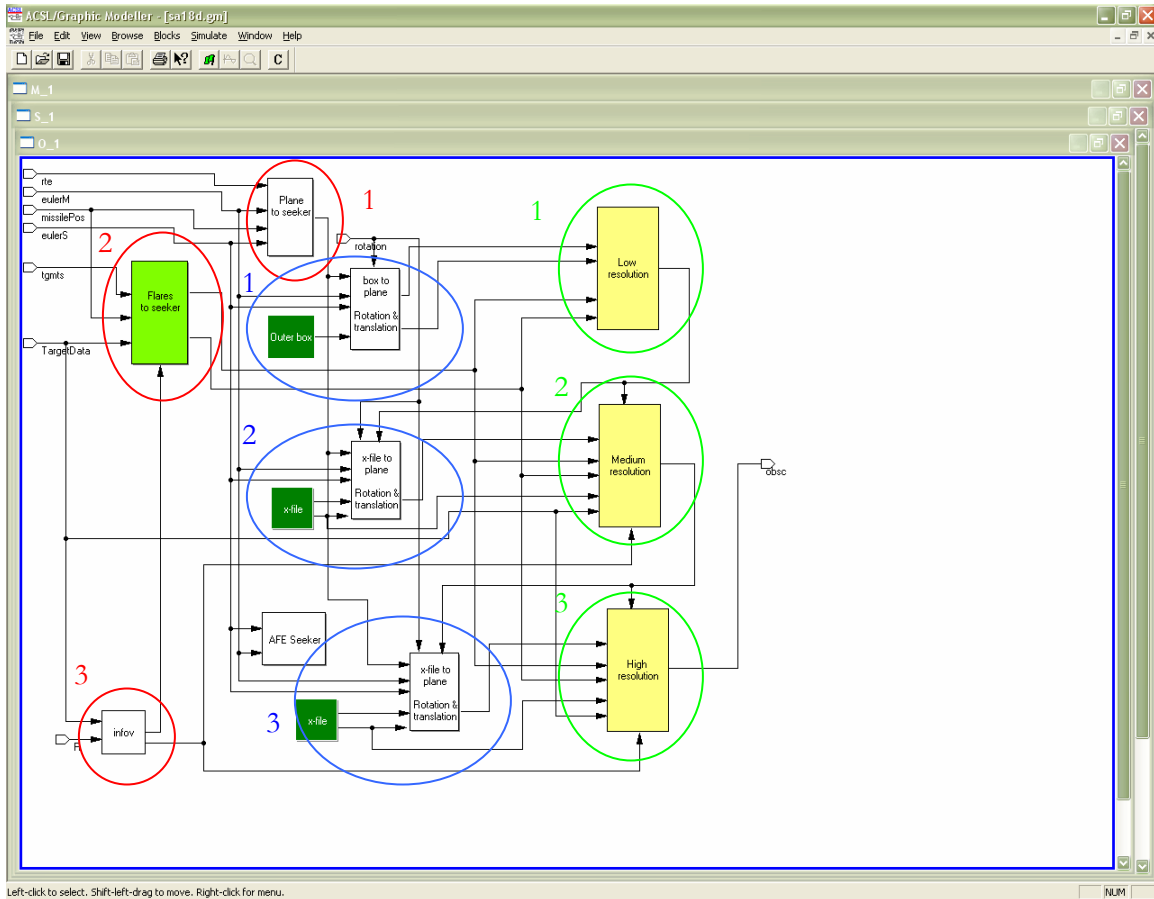
Det skymmande målobjektet representeras av filer i DirektX-format [4]. (En DirektX-fil använder ändelsen **.x**). Dessa filer läses in i modellen med hjälp av subrutiner, skrivna i C. Filerna kan också läsas in av visualiseringsprogrammet AFE.

4.4 Beräkningsgång

För varje tidssteg ska följande göras:

1. Läs in flygplanets och missilens position, samt missilens och målsökarens euler-vinklar. Translater och rotera flygplanets position till målsökarens koordinatsystem. Röd cirkel nummer 1 i figur 9.
2. Läs in målmatriken och matrisen med målens position i målsökarens koordinatsystem, plocka ut de mål som är facklor (informationen finns att hämta i den stora målmatriken) och som ligger inom synfältet. Returnera en matris med facklor positioner i målsökarens koordinatsystem, samt deras position i den stora målmatriken. Röd cirkel nummer 2 i figur 9.
3. Med hjälp av målmatriken samt *tgphipol* bestäms vilka mål som är inom synfältet. Röd 3 i figur 9.
4. Roter och translater första nivåns flygplan, samt beräkna dess hörnpunkter i målsökarens koordinatsystem. Blå cirkel nummer 1 i figur 9. Kontrollera om någon av de facklor som beräknades i punkt 3, skymms av någon del av flygplanet. Returnerar en vektor som visar vilka facklor som dolda bakom planet. Grön cirkel nummer 1 i figur 9.
5. Roter och translater andra nivåns flygplan, samt beräkna dess hörnpunkter i målsökarens koordinatsystem. Blå cirkel nummer 2 i figur 9. Kontrollera om någon av de facklor som returnerades från punkt 4, skymms av någon del av flygplanet. Returnerar en vektor som visar vilka facklor som dolda bakom planet. Grön cirkel nummer 2 i figur 9.

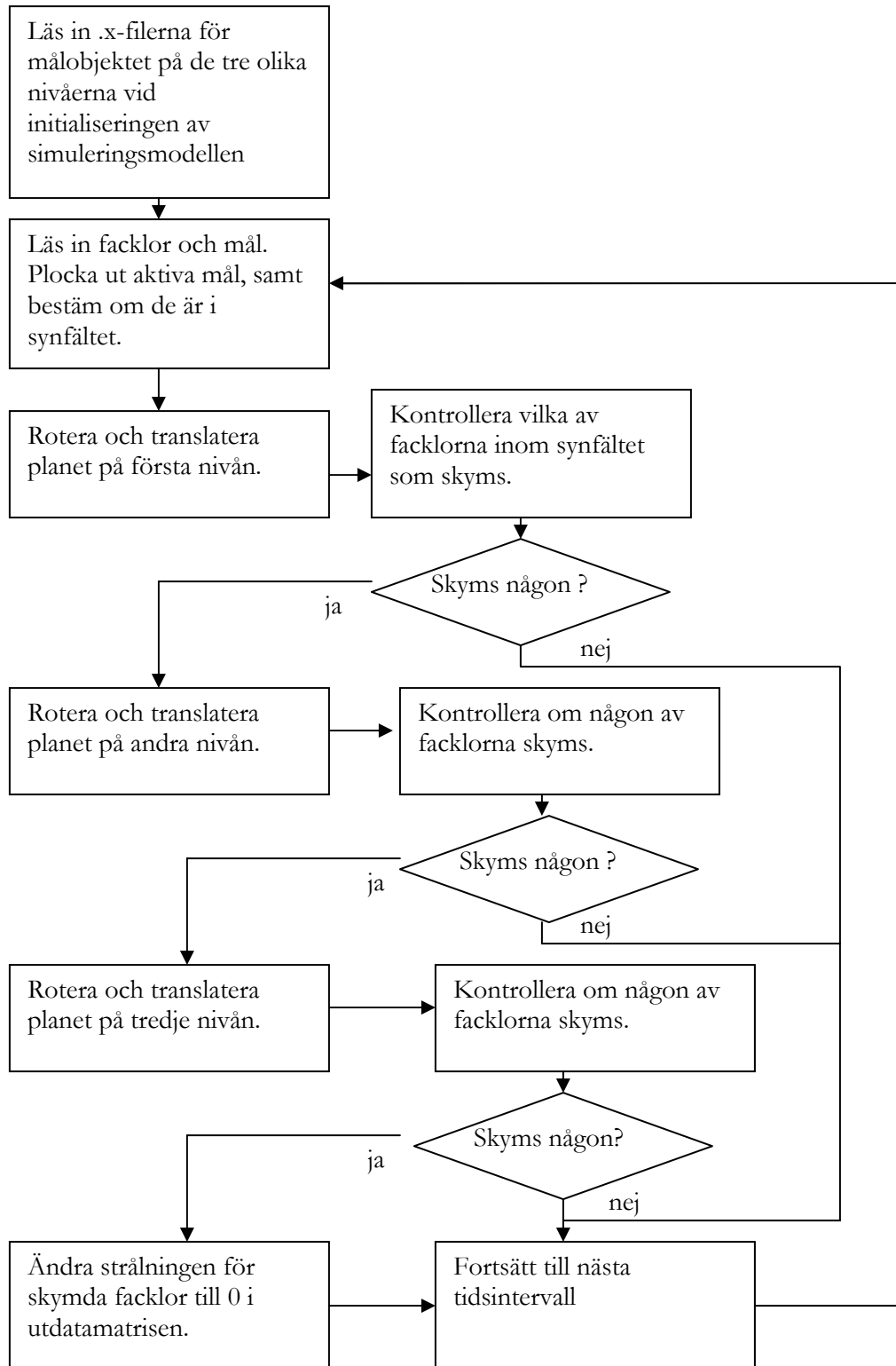
6. Roter och translatera tredje nivåns flygplan, samt beräkna dess hörnpunkter i målsökarens koordinatsystem. Blå cirkel nummer 3 i figur 9. Kontrollera om någon av de facklor som beräknades i punkt 5, skymts av någon del av flygplanet. Grön cirkel nummer 3 i figur 9.
7. För de facklor som är skymda efter punkt 6, ändra irradiansen i utdatamatrixen till 0.



Figur 9. Visar de olika delmomenten i "obscure"-blocket.

4.5 Flödesdiagram

Beräkningsgången sammanfattas även i form av ett flödesdiagram nedan:



5 Integration av ”obscure”-modulen i en modell

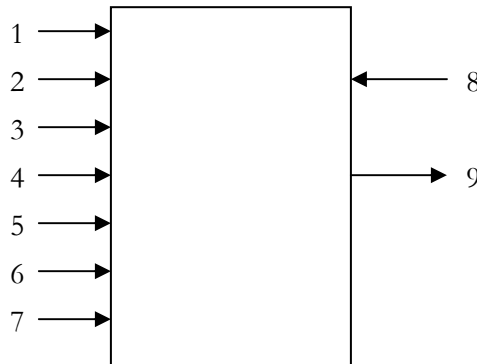
Detta kapitel beskriver hur modulen kopplas till en befintlig modell.

5.1 Blocket

Följande variabler och matriser ska anslutas till modulblocket:

(Siffrorna motsvarar siffrorna i figur 10)

1. Missilens position i jordkoordinater. (x,y,z)
2. Missilens eulervinklar. $(yaw, pitch, roll)$ eller $(psi, theta, phi)$
3. Flygplanets position i jordkoordinater, (x,y,z)
4. flygplanets rotationsmatris. *(se spec. nedan)*
5. Matris med motorernas och facklornas position i målsökarens koordinatsystem. (x,y,z)
6. Målmatris. *(se spec. nedan)*
7. Målens utvridningsvinkel med avseende på målsökaren. *(vektor med vinklar, tgphipol)*
8. Målsökarens eulervinklar. $(azi, elev)$
9. Modifierad målmatris. *(utdata, se även nr 6)*



Figur 10. Bild över in- och utgångar på blocket.

Målmatrisen måste vara av storleken $[9,K]$ (9 rader och K kolumner), där K svarar mot en siffra som är större eller lika med antal mål. För varje mål i målmatrisen, dvs. varje kolumn, anges följande:

1. Typ av mål
2. X-koordinat i jordsystemet.
3. Y-koordinat i jordsystemet.
4. Z-koordinat i jordsystemet.
5. Radar Cross Section.
6. Power * gain.
7. Bandbredd.
8. Irradians i valt våglängdsband.
9. Irradians i valt våglängdsband.

I modulen används data 1, 8 och 9. Facklornas positioner tas från matrisen med målens koordinater i målsökarens system (nr 5 i bild 9). Om en sådan matris inte finns tillgänglig kan programmet enkelt modifieras och facklornas positioner i målsökarens koordinatsystem kan beräknas med hjälp av koordinaterna i målmatriken och missilens och målsökarens euler-vinklar.

Flygplanets rotationsmatris har storleken (3,3) och är konstruerad enligt följande:

psi = Yaw
 the = Pitch
 phi = Roll

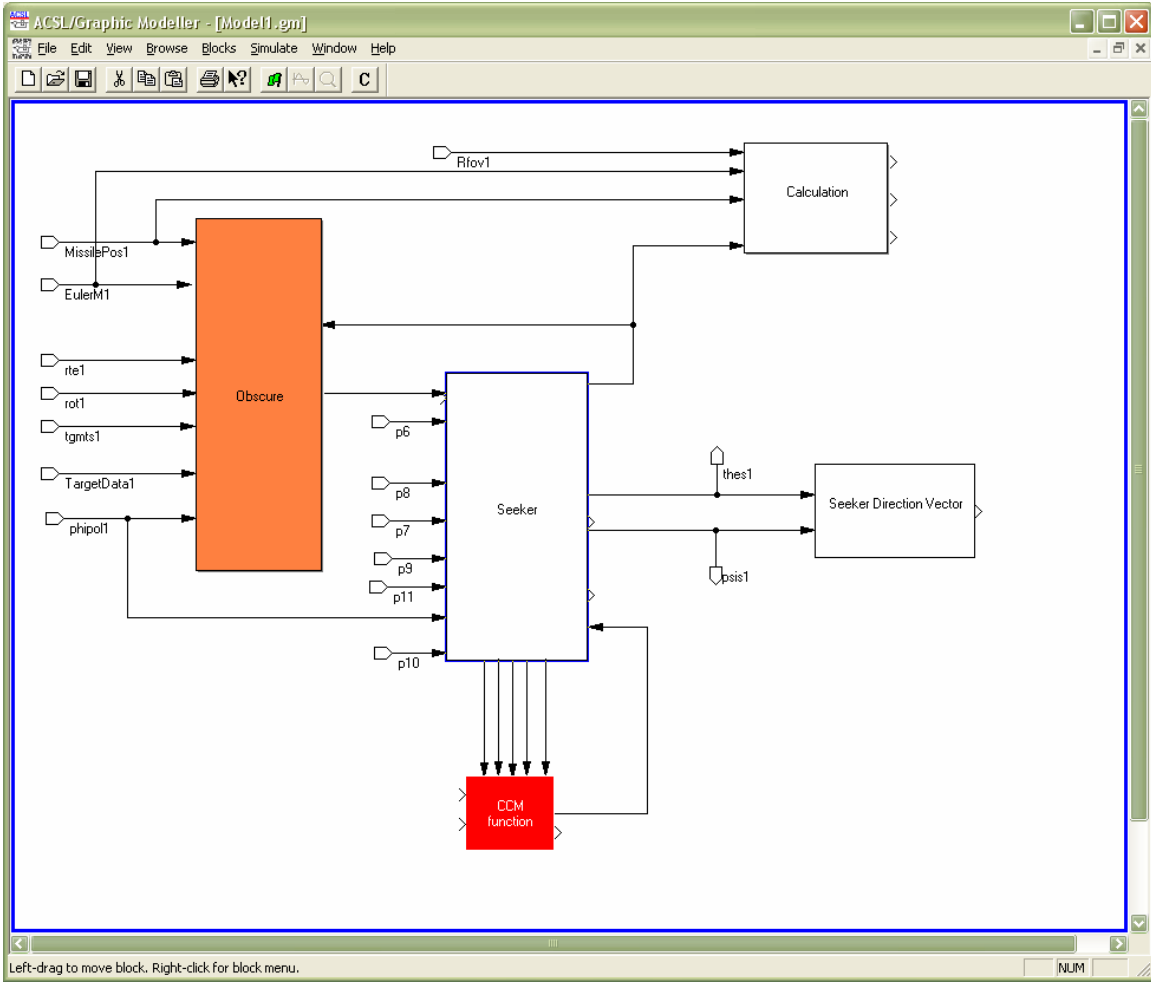
$mx(1,1) = \cos(\text{the}) * \cos(\text{psi})$
 $mx(1,2) = \sin(\text{phi}) * \sin(\text{the}) * \cos(\text{psi}) - \cos(\text{phi}) * \sin(\text{psi})$
 $mx(1,3) = \cos(\text{phi}) * \sin(\text{the}) * \cos(\text{psi}) + \sin(\text{phi}) * \sin(\text{psi})$
 $mx(2,1) = \cos(\text{the}) * \sin(\text{psi})$
 $mx(2,2) = \sin(\text{phi}) * \sin(\text{the}) * \sin(\text{psi}) + \cos(\text{phi}) * \cos(\text{psi})$
 $mx(2,3) = \cos(\text{phi}) * \sin(\text{the}) * \sin(\text{psi}) - \sin(\text{phi}) * \cos(\text{psi})$
 $mx(3,1) = -\sin(\text{the})$
 $mx(3,2) = \sin(\text{phi}) * \cos(\text{the})$
 $mx(3,3) = \cos(\text{phi}) * \cos(\text{the})$

5.2 Grafiska objekt

De filer som beskriver de olika nivåernas grafiska objekt ska vara formaterade som .x-filer (se kapitel 3.1.1). De kan dock inte vara sparade på binärformatet utan måste vara sparade i ASCII-format och måste även ligga i modellens huvudbibliotek, där .prj och .prx-filerna ligger. För att ange vilka filer som ska användas så kan man ändra i filer i AFE [3] under startparametrar eller ändra i GM-modellen.

5.3 Struktur

”Obscure”-blocket (orange i figur 11) ska infogas i missilens målsökare. Skymningseffekten måste beräknas innan själva målsökningsfasen eftersom blocket modifierar radiansen hos de facklor som är dolda. Detta görs genom att leda in målmatriken i ”obscure”-blocket innan den går in i målsökarblocket.

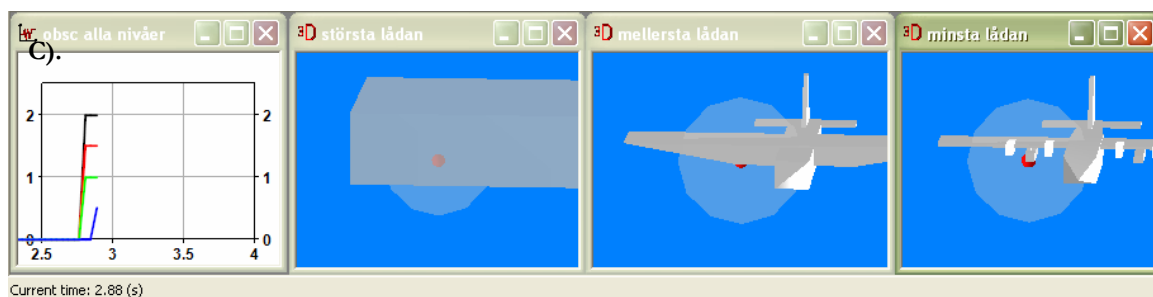
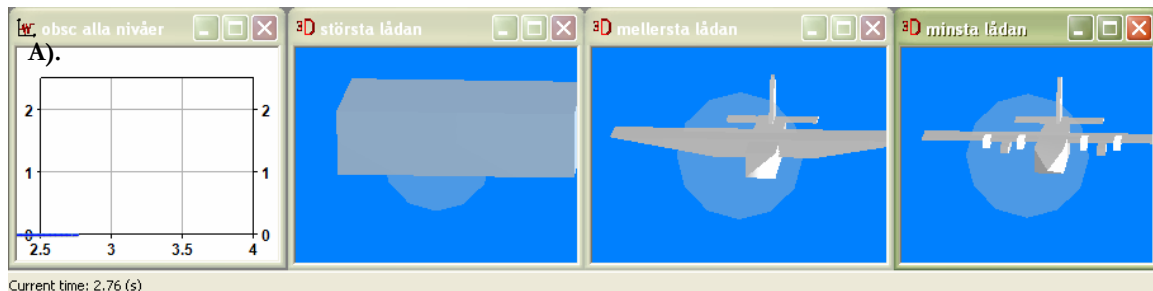


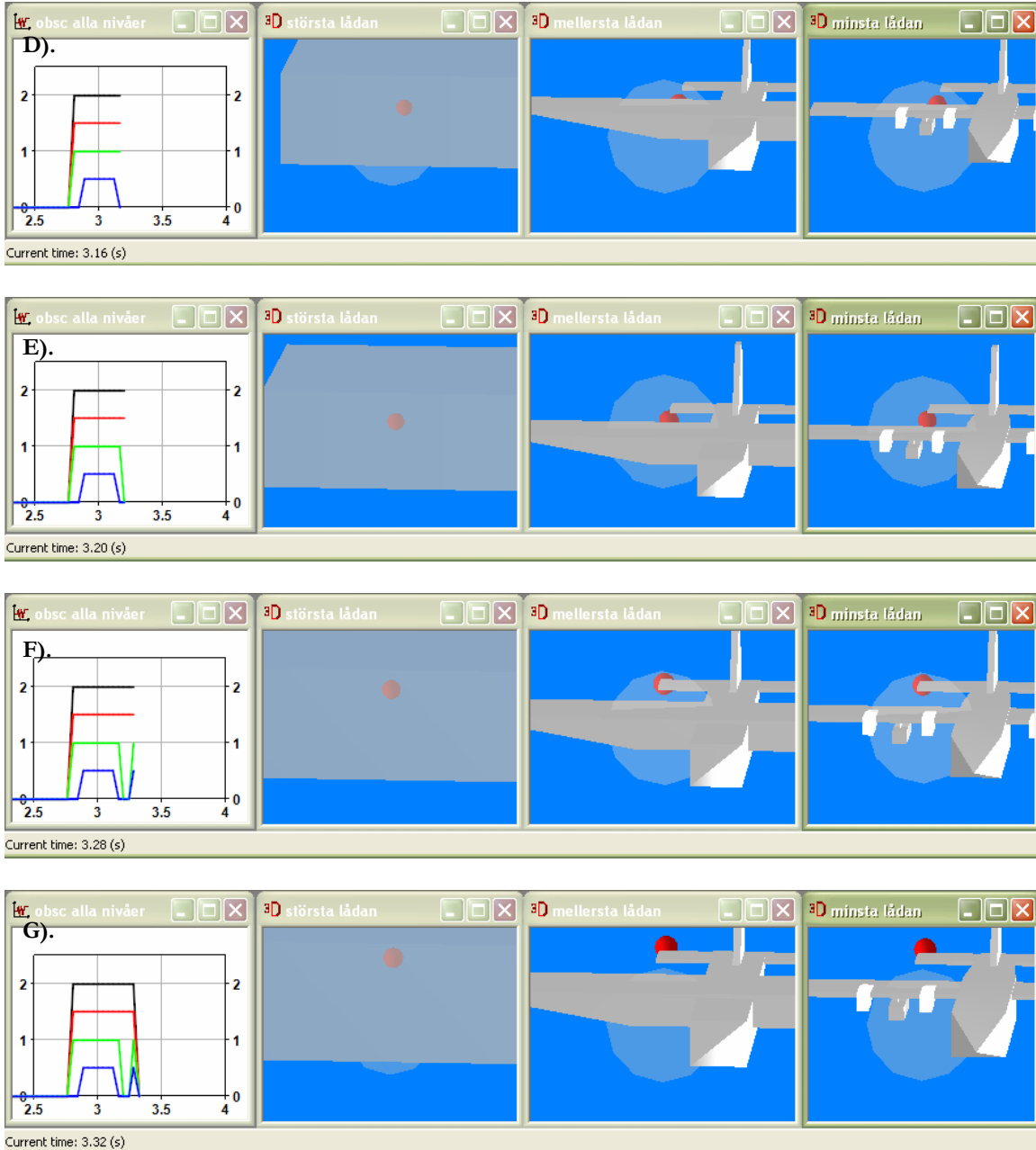
Figur 11. "obscure"-bloeket i GM (Graphical Modeller).

6 Resultat

6.1 Visualisering av resultat

För att visualisera en simulering används programmet AFE (Advanced Front End). I AFE kan grafikobjekt kopplas till variabler i ACSL-modellen. Genom att skapa fönster med olika vyer och innehåll, samt olika slags grafer, går det att visualisera en simulering. Följande bildserie illustrerar hur modulen fungerar. Bildserien innehåller fyra fönster. Tre av dem visar de olika nivåernas grafikobjekt. Första nivån är en sexsidig box, i bildserien något transparent för att facklan ska synas. Andra nivån är ett ganska grovt flygplan och på tredje nivån är det en högre detaljeringsgrad. Facklan visas som en röd boll. Missilens synfält visas som en ljusblå halvtransparent cirkel. Grafen visar fyra olika kurvor i olika färger. (Dessa har här, för att förenkla illustrationen fyra olika värden. I verkligheten varierar de endast mellan 0 och 1). Den svarta (översta) kurvan är hög om facklan är inom synfältet. Den röda kurvan är hög om facklan är dold bakom första nivåns objekt (boxen), den gröna om facklan är dold bakom andra nivåns objekt och slutligen den blåa kurvan går hög om facklan är dold bakom tredje nivåns objekt. Endast om facklan är dold bakom den tredje nivåns objekt är den dold för målsökaren.





Figur 12. I bild A) har inte ännu inte någon fackla fällts. I bild B) har facklan släppts. Facklan befinner sig inom missilens synfält (svart kurva). Den döljs av den största lådan (röd kurva) och den mellersta (grön kurva). I bild C) döljs den även av den tredje nivåns lådor (blå kurva). I bild D) syns nu facklan på tredje nivån, men döljs fortfarande av de två övriga. I bild E) är facklan även synlig på den mellersta nivån. I bild F) är facklan återigen dold av alla tre nivåerna. I bild G) har facklan försvunnit utanför missilens synfält.

6.2 Tidberäkning

Ett enklare test har genomförts, för att mäta tidsåtgången per simulering, när tre olika nivåer på grafikobjektet används, jämfört med när en eller två nivåer används. Två olika scenarier

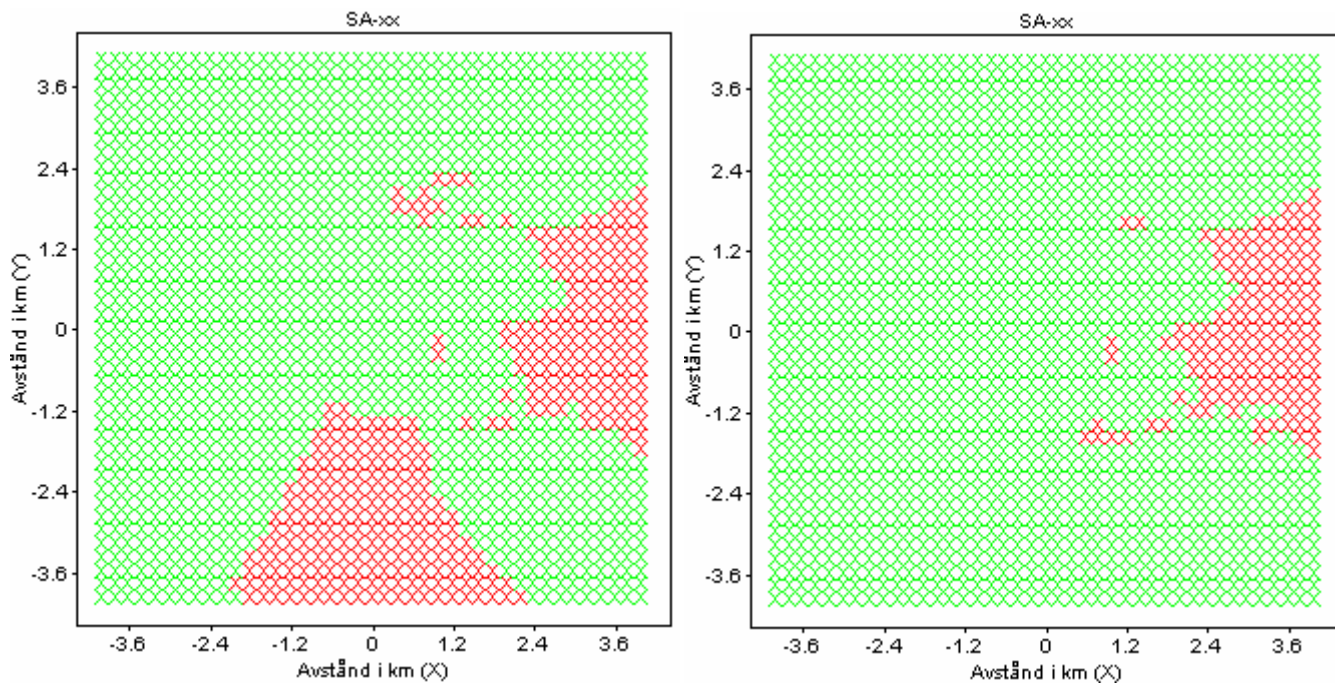
har testats, i det första scenariot fälls en fackla och i det andra fälls tre facklor. I de båda scenarierna startar missilen från position (0, 0, 0) och flygplanet från position (1000, -10, -200). Flygplanet rör sig i riktning (1,0,0), dvs. mot missilen. I det första scenariot fälls en fackla efter 0,2 s (realtid). I det andra fälls ytterligare två facklor med vardera 0.2 sekunders mellanrum. I båda scenarierna låser målsökaren på en fackla. I första scenariot är totala realtiden 2.06 s

nivåer	1 fackla fälls	3 facklor fälls
Alla nivåer	12,42 s	15,80 s
Endast 3:e nivån (hög upplösning)	18,42 s	21,87 s
3:e & 2:a nivån	13,67 s	17,36 s
3:e & 1:a nivån	13,17 s	16,80 s
<i>Utan modulen</i>	<i>10,10 s</i>	<i>10,90 s</i>

Tidsåtgången blev minst då alla tre nivåerna användes, jämfört med när en eller två nivåer användes. Skillnaden i tid kommer att variera beroende på vilket scenario som testats. Ett scenario där facklan hela tiden är skymd bakom flygplanet med den högsta upplösningen kommer troligen att visa sämre tider när tre nivåer används, men dessa fall anses inte inträffa tillräckligt ofta för att hänsyn ska tas till dem.

6.3 Verkansdiagram

För att verifiera att modulen påverkar resultatet av en större mängd simuleringar har ett mängdtest genomförts. I nedanstående bilder (figur 13) motsvarar ett rött kryss ett bomavstånd mindre än 20 meter, och ett grönt kryss ett bomavstånd större än 20 meter. Flygplanets startposition har varit i origo på 300 m höjd, och har sedan rört sig längs positiva x-axeln. En fackla har fällts på ett visst varningsavstånd. Varje kryss motsvarar en avfyrningsposition (på höjd 0 m). I simuleringarna beskrivna av den vänstra bilden har, den i rapporten beskrivna, modulen använts. I den högra har simuleringarna genomförts utan modulen, i övrigt är förutsättningarna lika.



Figur 13. Verkansdiagram för skjutfallen beskrivna ovan. I vänster bild har modulen använts. I den högra har simuleringarna genomförts utan modulen.

För simuleringarna där modulen har använts (vänstra bilden) har missilen träffat sitt mål betydligt fler gånger än där simuleringarna genomförts utan modulen. Speciellt en vinkelsektor är framträdande. I denna vinkelsektor är facklan efter fällning skyddad för målsökaren, och missilen kan således inte bli avhakad av facklan.

7 Sammanfattning och fortsatt arbete

7.1 Sammanfattning

Denna rapport beskriver en metod för att kontrollera om punktmål är skymda av utbredda mål. Metoden bygger på att det utbredda målet först delas upp i trianglar, för att sedan testa varje triangel för sig. För att snabba upp beräkningarna har målet delats upp i tre olika nivåer vad gäller upplösning (antal trianglar som målet är uppbyggt av). En implementation av metoden har gjorts i ACSL.

Tidberäkningen i kapitel 6.2 visade att vald metod, att dela upp det grafiska objektet i tre detaljeringsnivåer för att snabba upp beräkningarna, var ett bra drag. Det är möjligt att ännu bättre resultat skulle uppnås med fler detaljeringsnivåer, men då måste tiden för de beräkningskrävande rotationerna för objektet beaktas. Även förhållandet mellan de olika detaljeringsnivåerna kommer att påverka resultatet.

För att verifiera att metoden påverkar resultatet för en genomförd simulering har mängdsimuleringar genomförts och redovisats i form av verkansdiagram. I dessa kan ses att metoden tydligt påverkar resultatet av simuleringarna. Utan modulen blir missilen avhakad av facklan även om den i verkligheten skulle vara skymd bakom flygplanet.

7.2 Fortsatt arbete

Vid mängdsimuleringar är dock den ökade tidsåtgången på grund av modulen kännbar. Fler tester för att bestämma ett optimalt samband mellan antalet detaljeringsnivåer och förhållandet mellan dem, med avseende på tiden, bör göras.

Fler mängdsimuleringar för att identifiera kritiska situationer, med avseende på t.ex. höjd, flygplansform, fällarpositioner mm, bör genomföras.

8 Referenser

- [1] ACSL Reference Manual Edition 11.1, 1999; AEGIS Simulation, Inc
- [2] ACSL Graphic Modeller for Windows 4.8 User's Guide, September 1999; Aegis Simulation. Inc
- [3] AFE 3.3 Reference manual, Johnny Eckerland, FOI-R--1254--SE, maj 2004
- [4] DirectX SDK 9.0, 2002, Microsoft Corporation, USA