

MAGNUS TORMALM, FREDRIK RINGBLOM,
LISELOTTE DAHLÉN, RONNIE JOHANSSON



Magnus Tormalm, Fredrik Ringblom, Liselotte Dahlén, Ronnie Johansson

Vapensystemvärdering för soldaten



SIB-träning MSS Kvarn

Foto: Försvarsmakten

Titel	Vapensystemvärdering för soldaten
Title	Assessment of small arms systems
Rapportnr/Report no	FOI-R-3566-SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2012
Antal sidor/Pages	24 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarmakten
FoT område	Vapen och skydd
Projektnr/Project no	E365001
Godkänd av/Approved by	Lars Høstbeck
Ansvarig avdelning	Informations- och aerosystem

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

Försvarsmakten planerar för anskaffning av ett nytt eldhandvapensystem för hela insatsorganisationen runt 2020. För att stödja Försvarsmakten inför denna process har FOI genomfört en mindre studie *Vapensystemvärdering för soldaten* med fokus på att besvara två frågeställningar:

- Vilket soldatsimuleringsverktyg är lämpligt för studier av eldhandvapen?
- Vilken värderingsmetodik är lämplig?

Idag utgör eldhandvapen ett komplext system med många beroenden mellan delar i systemet och beroenden till andra delar av soldatsystemet. I en värdering av ett eldhandvapensystem behöver hänsyn tas till både traditionella och mätbara parametrar som olika tekniska egenskaper. Samtidigt finns ett behov av att värdera hur en avvägning mellan olika egenskaper och sammansättningar av vapentyper för grupper av soldater bäst möter de förmågekrav som ställs av Försvarsmakten. För vapensystem som sedan länge haft en komplex struktur har sådana värderingar gjorts i viss omfattning men hittills har det inte gjorts för eldhandvapen. Syftet med denna studie har varit att formulera några ansatser till hur värdering av eldhandvapensystem kan göras.

Denna studie har tittat på de simuleringsverktyg som används idag inom Försvarsmakten på MSS Kvarn, Livgardet samt FMV. Som ingångsvärden till analysen har viktiga faktorer av betydelse för att soldaten skall åstadkomma effekt med sitt vapen listats samt en diskussion om dagens krav på skytten och dess inverkan på analysen förts.

Försvarsmakten använder idag soldatsimuleringsverktyget VBS2. Vi ser detta som det ”mest realistiska” alternativet för studier av eldhandvapen, eftersom FMV nyligen tecknat ett Enterpriseavtal på VBS2 för alla försvarets myndigheter. VBS2 är det internationellt dominerande programmet för militära träningsändamål och används även för värderingsändamål, bland annat av FOI:s kanadensiska motsvarighet DRDC. Det finns även andra simuleringsverktyg tillgängliga på marknaden men dessa har inte utvärderats inom ramen för detta arbete.

Vår uppfattning är att det finns goda möjligheter att med ett soldatsimuleringsverktyg värdera effekten av vissa designparametrar i ett vapensystem. Till exempel kan man optimera gruppens sammansättning av vapen för olika scenarier. VBS2 har dock begränsningar i fysisk fidelitet, då skyttens interaktion med vapnet sker via tangentbord, mus och skärm. Resultaten blir troligtvis avhängiga dataspelserfarenhet snarare än skytterfarenhet. Att utvärdera praktiska egenskaper hos olika vapen kräver vapenattrapper eller instrumenterade vapen kopplat till soldatsimuleringsverktyget. Att utnyttja en större duk för att projicera scenarierna medför en förmåga att värdera fler eller andra parametrar.

Att värdera vilken effekt ett eldhandvapensystem kan avge eller uppnå är synnerligen komplext och beror av många parametrar. Den värderingsmetodik som studerats i denna rapport baseras på Bayesianska nätverk där hänsyn kan tas till många variationer och typer av parametrar. För att uppskatta sannolikheterna i det Bayesianska nätverket kan man dra nytta av simuleringar med verktyg som VBS2.

Summary

The Swedish Armed Forces are planning an acquisition of a new small arms system for the entire organization to be introduced around 2020. In order to support the Armed Forces with this process, FOI has conducted a small study on assessment of small arms systems focusing on two questions:

- Which soldier simulation tool is suitable for the study of small arms?
- Which assessment methodology is suitable?

Small arms are today complex systems with many intra- and intersystem dependencies. An assessment of small arms from a capability point of view needs to address both traditional and measurable parameters, such as different technical characteristics, but also include evaluation of the efficiency of the collective of weapons for a group of soldiers. For weapon systems with a complex structure, such evaluations have been made to some extent, but so far it has not been made for small arms. The purpose of this study has been to formulate propositions for methods and tools for such assessments.

To gain an understanding of the simulation tools currently used in the Armed Forces, the project visited MSS Kvarn, Livgardet and FMV. Important values for the analysis on how the soldier can achieve an effect with his weapon has been identified and listed. Furthermore, a discussion of the current requirements for the soldier and its impact on the analysis is presented.

The Swedish Armed Forces currently uses VBS2 as a soldier simulation tool. We see this as the “most realistic” alternative for the study of small arms, as FMV recently signed an Enterprise license agreement for VBS2 for all defence agencies. VBS2 is the internationally predominant application for military training purposes and is also used for valuation purposes, for example by FOI's Canadian counterpart DRDC. The limited duration of this study has meant that all commercially available simulation tools may not have been identified.

Our view is that there are possibilities of a soldier simulation tool to evaluate certain aspects of a small arms system, such as optimizing the composition of weapons within the group for different scenarios. There are, however, several limitations such as the shooter interaction via keyboard, mouse and screen. The results will depend on computer game experience rather than shooting experience. To evaluate the practical characteristics, replica guns or instrumented weapons linked to soldier simulation tools could be used. Using a larger screen to project scenarios would make it possible to evaluate a plethora of parameters for each scenario.

Evaluation of the effect of a small arms system is complex and depends on many different parameters. The evaluation methodology that we recommend is based on Bayesian networks which take account of the many variations and types of parameters. In order to estimate the probabilities in the Bayesian network, we will draw data from simulations with tools such as VBS2.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Figurförteckning	6
Tabellförteckning	6
1 Inledning	7
1.1 Mål och syfte	7
1.2 Ingångsdata till värdering - krav på soldat och vapen	7
1.2.1 Krav- och målsättningsdokument	7
1.3 Avgränsningar	8
2 Simuleringsverktyg för soldatträning	9
2.1 Allmänt om simuleringar	9
2.1.1 Parametrar som påverkar vapensystemets effekt	10
2.1.2 Modellering av skytt och vapen	10
2.2 Virtual Battle Space 2	13
2.3 IWARS	14
2.4 Övriga simuleringsverktyg	14
2.4.1 Gruppträningsanläggning (GTA)	14
3 Simulering av eldhandvapensystem med VBS2	16
3.1 Metodik	16
3.2 Slutsatser simulering av eldhandvapensystem med VBS2	17
4 Värdering med Bayesianska nätverk	18
4.1 Bayesianska nätverk för vapensystemvärdering	19
4.2 Slutsatser Bayesianska nätverk	22
5 Slutsatser och fortsatta studier	23
5.1 Förslag på fortsatta studier	23
6 Referenser	24

Figurförteckning

Figur 1. Värderingskedjans olika nivåer och metoder för ett eldhandvapen.	9
Figur 2. Händelsen "soldat som skjuter med vapen" kan delas in i flera undergrupper.	11
Figur 3. Faktorer som påverkar effekten av eldhandvapen.	12
Figur 4. Exempel på spelmiljö i VBS2.	13
Figur 5. VR Aula SWEDINT/Livgardet med övningsledningens plats.	14
Figur 6. Gruppträningsanläggningen (GTA) Livgardet med ombyggda Ak5.	15
Figur 7. Bild Vy mot skärmarna GTA.	15
Figur 8. Övningsledningens plats i GTA.	15
Figur 9. VBS2:s användning i olika steg i värderingskedjan.	16
Figur 10. Ett Bayesianskt nätverk med fem noder	18
Figur 11. Ett klassiskt Bayesianskt nätverk.	19
Figur 12. En prototyp av ett BN för vapensystemvärdering.	20
Figur 13. En jämförelse med vapensystem Vapen3.	22

Tabellförteckning

Tabell 1. Översikt över syfte och simuleringssätt.	17
Tabell 2. Kort förklaring av de noder som förekommer i Figur 12.	21

1 Inledning

Enligt Försvarmaktens materielförsörjningsplan 2014-2020 [1] skall ett nytt eldhandvapensystem anskaffas med sikte på leverans runt 2020. I ett första skede skall materiel- och studieförsök genomföras under 2014-2016 med en planerad förserieleverans 2017/18. Flera utredningar har redan initierats på bland annat MSS [2] och FOI [3] för att ta fram krav, riktlinjer och målsättningar. De pågående verksamheterna på FOI är framförallt inriktade på teknisk värdering av finkaliberverkan avseende vapen och ammunition. Idag utgör eldhandvapen ett komplext system med många beroenden mellan delar i systemet (sikten, ammunition, strömförsörjning med mera) och beroenden till andra delsystem inom soldatsystemet. I en värdering av ett eldhandvapensystem behöver man ta hänsyn till både sådana parametrar som är handfast mätbara, som olika tekniska egenskaper, men samtidigt värdera hur en avvägning mellan olika egenskaper och sammansättningar av vapentyper för grupper av soldater bäst möter de förmågekrav som ställs av Försvarmakten. För vapensystem som sedan länge haft en komplex struktur har sådana värderingar gjorts i viss omfattning men hittills har det inte gjorts för eldhandvapen. Inom ramen för FoT-projektet *Vapensystemvärdering* har på Försvarmaktens uppdrag en begränsad studie [4] gjorts för att öka kunskapen på systemnivå.

1.1 Mål och syfte

Syftet med utredningen *Vapensystemvärdering för soldaten* var att inventera och analysera verktyg för soldatstridssimulering och föreslå en lämplig metodik för systemvärdering. I frågeställningen hänvisas till redan befintliga system och verktyg som används idag inom Försvarmakten eller inom NATO. Målsättningen var att höja kompetensen inom FOI på simuleringsverktyg och värderingsmetoder rörande soldatsystemet. Projektet har på grund av begränsad budget och tid fokuserat på att ge svar inom två specifika områden:

- Vilket stridssimuleringsverktyg på soldatnivå är lämpligt att använda i studier inför anskaffandet av nytt eldhandvapen
- Vilken värderingsmetodik är lämplig för att jämföra olika systemlösningar

1.2 Ingångsdata till värdering - krav på soldat och vapen

Som grund för värderingen krävs en definition av vad som ska uppnås, det vill säga att krav på soldat, grupp och vapensystem identifieras.

En central frågeställning för Försvarmakten är hur soldaten skall nå effekt med sitt vapen. För att värdera effekten behövs en definition av vad som avses med effekt samt mätetal på effekt.

1.2.1 Krav- och målsättningsdokument

Det finns idag detaljerade TTEM (Taktisk Teknisk Ekonomisk Målsättning) för olika materielslag, till exempel Automatkarbin 5 och Prickskyttegevär 90 [6]. I ett TTEM anges mål och krav för systemet, exempelvis att ett vapen skall vara av en viss storlek, ha viss prestanda eller hålla viss kvalitet. Detta används sedan vid upphandling men också för att kunna skapa förståelse för vad som är rimligt att kräva av ett vapen.

För att beskriva förmågor och krav på krigs-/insatsförband har tidigare begreppet Taktisk Organisatorisk Ekonomisk Målsättning (TOEM) använts men det är numera ersatt av Förbandsmålssättningar och Krigsförbandsspecifikation (KFS). Dessa specifikationer är primärt inriktade på ett förbands tyngre vapensystem som till exempel stridsfordon eller granatkastare på högre organisatorisk nivå och inkluderar normalt inga krav på

gruppnivåns eldhandvapen. Krav uttrycks i KFS som typ av stridsuppgifter som förbandet skall kunna lösa (försvara, bevaka, nedkämpa etc.).

Effekt av en enskild soldat i strid har tidigare inte beskrivits eller kravställts. Det som testats och mätts har främst varit fysisk status (krav enligt FMFYS) samt skjutskicklighet.

1.3 Avgränsningar

Vi har valt att definiera eldhandvapen som ”buret vapen upp till kaliber 20 mm och som inte är större än att de kan hanteras med händerna utan särskilda stöd eller stativ”. Ett eldhandvapensystem definieras av hur man dragit systemgränserna. Vi inkluderar själva vapnet, ammunitionen och riktmedlet. Markstridsskolan har gjort avgränsningen skyttegrupp, exklusive fordonsmonterade vapen, granatvapen samt prickskyttegevär (som inte är aktuellt för nyanskaffning).

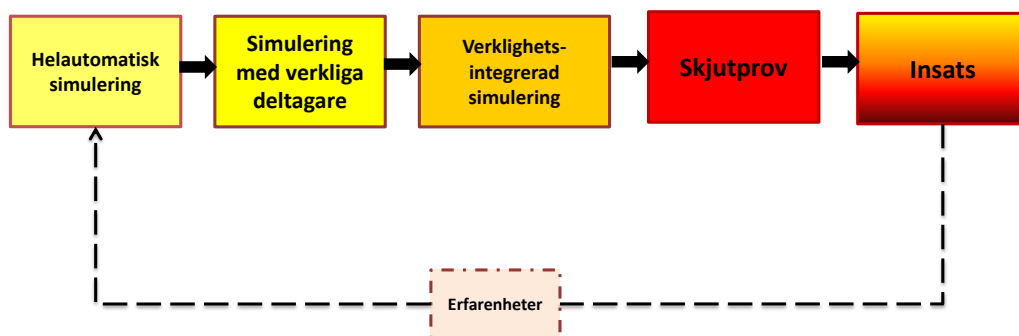
2 Simuleringsverktyg för soldatträning

2.1 Allmänt om simuleringar

Att använda datorer för simulering och modellering av verkligheten har gjorts i princip så länge som datorer har existerat. Tittar man på simulering och modellering kopplad till väpnad strid eller vapen så har man sedan länge använt sig av dessa verktyg för att simulera förlopp eller för utbildning.

För stridssimulering (first person shooter) så är amerikanska marinkårens användning av spelet Doom [7] en historisk milstaple. Sergeant Daniel G. Snyder tog fram en så kallad WAD-fil till Doom II 1996. Det var möjligt att byta ut befintlig grafik i spelet, det vill säga byta monster mot fiendesoldater. USMC använde sig av spelet för att öva soldater i gruppstorlek att samarbeta. I spelet används ett *Fireteam*, bestående av fyra marinsoldater, vilka skall genomföra ett visst uppdrag, vanligen förstörelsen av en fiendebunker, även om andra scenarier som en gisslanräddning i en utländsk ambassad kan spelas. Syftet är att öva samordningen av teamets rörelser, soldaterna som övas spelar på separata datorer i samma rum.

Simuleringar kan aldrig ersätta verkliga försök med riktiga vapen och mål. Däremot kan de utgöra ett bra komplement till dessa. Ett sätt att lägga upp värderingen är att börja med simuleringar på en lägre nivå, det vill säga med fokus på endast en eller ett fåtal parametrar. Om scenarier används är dessa mycket förenklade. I nästa steg kan simuleringarna göras mer realistiska: fler parametrar (hela vapenssystemet eller olika kombinationer av vapen i skyttegruppen) undersöks och scenarierna är mer komplexa. Ytterligare ett steg är att genomföra simuleringar där verkliga personer testar verkliga vapen eller vapenattrapper i en simulerad miljö. Den slutliga värderingen sker inte förrän vapensystemet använts i en insats. Hela denna kedja av värderingar med gradvis ökande mänsklig medverkan och därmed minskande kontroll över värderingsparametrarna illustreras i Figur 1 nedan.



Figur 1. Värderingskedjans olika nivåer och metoder för ett eldhandvapen.

Den **helautomatiska simuleringen** kan vara allt från Monte Carlo simuleringar av två eller flera utfall under bestämda förutsättningar till deterministiska stridssimuleringsmodeller där båda sidor representeras av artificiella aktörer i mycket förenklade scenarier. I båda fallen sköter simuleringarna sig själva när de väl satts igång. Simuleringarna behöver inte ske i realtid och förloppet kan snabbas upp. Eftersom dessa typer av simuleringar illustrerar sannolikheten för olika händelser krävs att ett mycket stort antal simuleringar görs för varje parameter. Detta kompenseras då av att man kan göra ett mycket stort antal simuleringar på kort tid med liten personell insats. Många parametrar kan på detta sätt testas.

Simulering med verkliga deltagare liknar vanliga kommersiella dataspel. Simuleringarna använder vanligen förstapersonsmodeller och spelas mot verkliga eller artificiella motståndare. Simuleringarna sker i realtid och kräver mer personal än de helautomatiska simuleringarna. En nackdel med denna typ av simulering är gränsytan mot

spelet som består av en vanlig PC med tangentbord och mus. Dessa simuleringar tar inte hänsyn till hur vapnen praktiskt handhas eller skjutergonomi.

Ett tredje steg i värderingen kan därför vara **verklighetsintegrerade simuleringar** genom att integrera riktiga vapen eller naturtrogna attrapper i en simulerad miljö. För att skapa denna miljö kan man använda sig av samma spelmotor och miljöer som i de autonoma simuleringarna, men det tillkommer ett gränssnitt mot människan och hennes utrustning.

Vissa egenskaper hos vapnet kan inte simuleras utan måste testas i verkliga försök genom **skjutprov**. Ett skjutprov kan baseras på tidigare simuleringar för att verifiera om dessa stämmer. Det finns idag kvalificerad målmaterial som går att använda för skjutprov.

Det slutliga testet är att använda vapensystemet i en **insats**. Det vore önskvärt att kunna återspela genomförda strider för att utvärdera dessa. Att kunna ha sensorer på vapnet som mäter till exempel position och tid samt riktning vid avgivna skott skulle vara ytterst användbart för After Action Review (AAR) och för att utvärdera vapnets effektivitet. Att även kunna återspela verkliga stridssituationer i simulator kan vara ett sätt att verifiera simulatorverktöget och för att skapa realistiska simuleringar och övningsscenarion.

Värderingskedjan är ett försök att beskriva simuleringar på olika nivåer och som sådan är den en grov förenkling. Alla simuleringstegen i värderingskedjan behöver till exempel inte användas. Underlag till simuleringarna kommer exempelvis också från skjutprov och stegen kan ske i annan ordning än den som illustreras i Figur 1.

2.1.1 Parametrar som påverkar vapensystemets effekt

Ett vapensystems prestanda påverkas av ett mycket stort antal egenskaper. Detta gäller både egenskaper hos själva vapensystemet och egenskaper utanför detta som påverkar det. För att kunna värdera vapensystemet måste man bryta ner egenskaperna och beskriva dem som parametrar. En parameter är en mätbar storhet som längd, vikt, hastighet och så vidare. Parametrarna som nyttjas för värdering, ska vara sådana att de påverkar vapensystemets effektmål märkbart. Ett verktyg som skulle kunna komma till användning vid en sådan analys är Bayesianska nätverk. Hur dessa kan användas beskrivs i kapitel 4.

Parametrar utanför systemet ges av miljön. Vid en värdering kan de senare med fördel beskrivas med ett scenario (mikrosituation, vinjett och så vidare). Vapensystemets egna parametrar är dels givna av det studerade systemet och dels beroende av miljön.

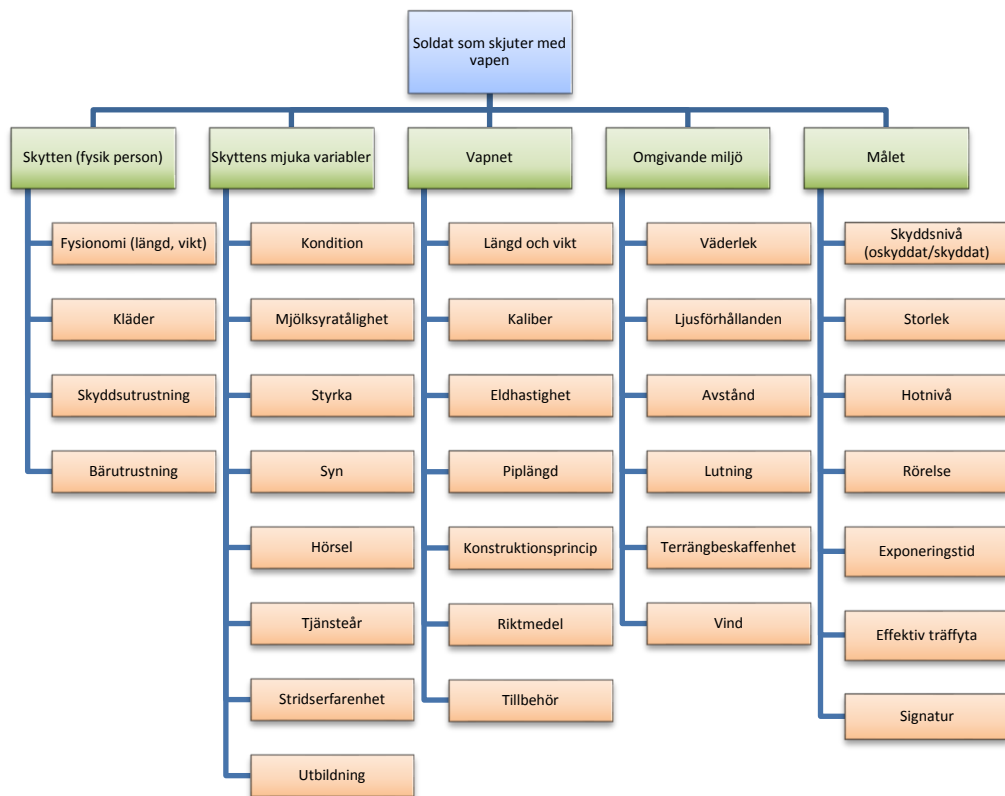
Vissa egenskaper är svåra eller omöjliga att bryta ner till parametrar. Andra egenskaper är binära: antingen finns de eller finns de inte. Dessa båda typer av egenskaper får uttryckas i så explicita termer som möjligt och sedan får man göra en kvalitativ värdering av dem.

2.1.2 Modellering av skytt och vapen

Grovt indelat består händelsen ”soldat som skjuter med vapen” av dessa fem huvudgrupper:

1. Skytten (fysisk person) med kläder och utrustning
2. Skyttens mjuka variabler såsom till exempel kondition, erfarenhet och så vidare
3. Vapnet (inklusive riktmedel)
4. Omgivande miljöfaktorer
5. Målet

Dessa fem huvudgrupper kan sedan delas in i ett stort antal undergrupper enligt Figur 2. Skyttens möjlighet att prestera ett skott med både god precision och utslagsförmåga beror alltså på alla dessa faktorer.



Figur 2. Händelsen "soldat som skjuter med vapen" kan delas in i flera undergrupper.

Utgår man från ett optimalt förhållande så befinner sig skytten stilla och kan avfira med stöd och har god tid att rikta och planera sitt skott, målet befinner sig på ett känt avstånd, är också stilla och visar en tydlig träffyta som är lätt att se och mäta in, ljusförhållanden är optimala och det blåser ingenting.

Dessa förhållanden kan man möjligen återskapa på en skjutbana. En verklig stridsituation kan istället se ut så att skytten befinner sig i rörelse, är svettig, trött och andfådd, har mjölksyra i armar och ben, målet är även det i rörelse och är på okänt avstånd, rör sig i låglinjer och visar liten träffyta, stark sidvind råder och solen lyser rakt in i siktet. Lägger man till detta att målet skjuter tillbaka inses att det verkliga skottet är svårt att åstadkomma med god träffsannolikhet.

En modell av vapnet inkluderar information om vapnets tekniska specifikationer, tillbehör som bildförstärkare samt ammunitionen. Vapnets egna grundförutsättningar (tekniska specifikationer och precision) ger tillsammans med ammunitionens egenspridning en träffsannolikhet som kan mätas vid upprepade avfyrningar i skottstol. Siktets huvuduppgift är att visa för skytten var riktpunkten skall läggas för att träffa rätt.

Följer man händelseförloppet från intagande av skjutställning till dess att verkan i målet har uppnåtts måste följande delar beaktas för att skapa en korrekt modell: skytten-vapnet-kulbanan-målet (Figur 3).



Figur 3. Faktorer som påverkar effekten av eldhandvapen.

FOI har under många år bedrivit forskning inom de olika ballistikområdena. Just nu pågår utveckling av simuleringsverktyget AVAL [9] för verkansvärdering i mjuka mål. Även forskning på skyttens förmåga under olika belastning och miljöfaktorer har bedrivits av FOI [10].

Idag finns två olika stridssimuleringsverktyg som används av Försvarmakten, VBS2 och GTA.

- VBS2, skytten sitter framför en dator vid ett bord och kontrollerar sin virtuella soldat med tangentbord och mus. Skytten behöver inte hålla i vapnet och se rakt i siktet utan det sköter VBS2. Realismen i avfyrningssituation blir låg trots att spelmiljön kan visa upp många realistiska faktorer. Spelmiljön är illustrerad i Figur 4 och Figur 5.
- GTA med dess inbyggda simuleringsverktyg FATS. Skytten står framför en stor skärm med en vapenattrapp och interagerar med FATS, riktar vapenattrappen mot mål i spelmiljön och gör avfyrningar med rekyl och vapenrörelse. Spelmiljön i detta fall är illustrerad i Figur 6, Figur 7, Figur 8. Det som dock skiljer från det verkliga läget är att skytten hela tiden står still och skjuter mot skärmen.

Dessa system är bra på olika saker, det första systemet har en mycket realistisk miljö men gränsytan har inget med skytte att göra, det andra systemet har realistiskt skytte men den taktiska situationen blir istället statisk.

Det vore önskvärt att skapa ett verktyg med högre teknisk/funktionell realism (engelska technical fidelity) genom att ta gränsytan från FATS, använda VBS2 som motor och agera mot spelmiljön i en hall där man kan röra sig obehindrat inom ett visst område. Eftersom dagens vapen trots allt är rätt lika i teknisk prestanda, ammunitionen är i många fall densamma liksom riktmedel, är den parameter som är svårast att återge på ett realistiskt sätt, skytten och skyttens möjlighet att interagera med sitt vapen med omgivande terräng. Skytten påverkar sig själv och sin omgivning med tryckvågor från mynning, utflygande tomhylsor, rekylrörelsen som beroende på skjutställning samt skyttens fysik varierar, rök från mynningen som begränsar sikten etcetera. Ej att förglömma den stresspåverkan som skytten utsätts för av att det faktiskt finns en motståndare som skjuter tillbaka. Faktorer som är svåra att simulera är skyttens fysiska status samt omgivande miljöfaktorer och övriga faktorer som begränsar möjligheten att uppnå ett gott träffresultat.

2.2 Virtual Battle Space 2

Virtual Battle Space 2 (VBS2) är ett soldatträningsverktyg som utvecklats av Bohemia Interactive Simulations (products.bisimulations.com) i nära samarbete med amerikanska marinkåren (USMC) och Australiens försvarsmakt. VBS2 bygger på datorspelet ArmA, Armed Assault från 2006. Genom att anpassa tekniken och tillföra moduler var det relativt enkelt att erbjuda ett träningsverktyg för militära ändamål. I VBS2 finns möjlighet att skapa egna scenarior, en realtidseditor för att under pågående simulering ändra förutsättningar, en After Action Review funktionalitet samt förmåga att integrera tredjeparts produkter i form av radiokommunikation, DIS¹ och HLA² stöd.



Figur 4. Exempel på spelmiljö i VBS2.

Med VBS2 är det möjligt att samverka och till exempel simulera en skyttegrupp med fordon, vapen och övrig utrustning. Flera spelare kan agera tillsammans i olika scenarion mot artificiella eller manuellt spelade motståndare. Man kan konfigurera egenskaperna hos till exempel fordon och vapen för att variera olika parametrar. Det är även möjligt att modellera nya materielsystem, antingen genom att direkt ändra i VBS2:s spelmotor eller med hjälp av tilläggspaketet VBS2 Fusion. Olika scenarier kan förprogrammeras och

köras helt med automatiska aktörer. Detta skulle kunna användas för att göra upprepade simuleringar med samma ingångsvärden för att få ett större statistiskt underlag.

På senare år har VBS2 fått en allt mer dominerande ställning inom träningsimulatorer för soldater. Idag används VBS2 inom bland annat Nato som till exempel på norska Försvarets Forskningsinstitut, FFI. I Sverige finns VBS2 på Markstridsskolan i Kvarn, på Livgardet (se Figur 5) samt på FMV SMART-lab. Även FOI har ett antal licenser.

Försvarsmakten har nyligen, genom FMV, tecknat ett Enterpriseavtal för VBS2. Detta innebär att Försvarsmakten och dess stödmyndigheter i princip kommer att få fri tillgång till VBS2. I första hand rör det sig om grundlicenser men troligen kommer även ett antal utvecklarcensurer att ingå.

VBS2 är primärt ett utbildningsverktyg för att träna soldater i taktik och stridsteknik. Det är alltså inte främst framtaget för att värdera soldaternas utrustning. Vi tror ändå att det går att använda VBS2 i detta syfte. Framförallt då för att testa olika vapenkombinationer inom skyttegruppen men även till viss del att jämföra olika vapen eller delsystem till vapen. Bland användare av VBS2 finns exempel där man integrerat fysiska vapenattrapper med simuleringsmiljön i VBS2 och utvärderat olika effektmått[16]. VBS2 kan ha sin tillämpning i steg ett, två och tre i värderingskedjan (se Figur 1). VBS2 är också lämpligt för förövning av soldaterna inför och under en insats, men detta faller utanför ramen vad som behandlas i denna rapport.

¹ Distributed Interactive Simulation, en protokollbaserad standard för att koppla samman simulatorer

² High Level Architecture, en API och objektmodellsbaserad standard för att koppla samman simulatorer



Figur 5. VR Aula SWEDINT/Livgardet med övningsledningens plats på högra bilden.

2.3 IWARS

Infantry warrior simulation (IWARS) [13] är ett amerikanskt programverktyg utvecklat av Natick Soldier RD&E Center (NSRDEC), Army Materiel Systems Analysis Activity (AMSAA) och Army Research Laboratory Human Research & Engineering Directorate (ARL/HRED) och bygger på tidigare program utvecklade för Military Operations in Urban Terrain (MOUT). IWARS är i första hand tänkt som ett träningshjälpmedel för soldater men även för simulering inför anskaffning av vapenssystem. Man kan bryta ner simuleringen i mindre delsystem och analysera parametrar såsom sårbarhet, överlevnadsförmåga, sensorprestanda och vissa ledningsfunktioner. Olika hot och scenarier kan modelleras och kombineras med olika samansatta skyttegrupper och materiel för att utvärdera operativ effektivitet.

På Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) används idag IWARS som ett verktyg inför anskaffningen av nytt eldhandvapensystem i Holland. I ett samarbete mellan FOI, TNO och det Kanadensiska försvarsforskningsinstitutet DRDC inom eldhandvapensystemvärdering kommer FOI få ta del av erfarenheter från TNO:s fortsatta arbete med IWARS.

2.4 Övriga simuleringsverktyg

Firearms Training Systems (**FATS®**) är ett simuleringsverktyg för soldatträning som bland annat används i gruppträningsanläggningen (GTA) på Livgardet i Kungsängen. Systemet är framtaget av Meggitt Training Systems [15] som levererar till ett stort antal militära träningsanläggningar över hela världen. Olika scenarier projiceras på en stor duk och övningspersonerna interagerar med spelet via specialanpassade attrapper för att få en realistisk känsla med korrekt handhavande av vapnet.

Inom amerikanska armen finns ett flertal simuleringsverktyg samlade under Program Executive Office for Simulation, Training & Instrumentation (PEO-STRI). Bland annat Engagement Skills Trainer (**EST**) 2000 där man genomför grundläggande vapenträning, gruppträning och taktiskt uppträdande. För den uppsuttna soldaten i lätta fordon finns Close Combat Tactical Trainer (**CCTT**) där ett typiskt fordon med monterad kulspruta används. I flera simuleringsanläggningar används VBS2 för att generera scenarier och miljöer. Ett exempel är Dismounted Soldier Training System (**DSTS**) där man använder VR-glasögon som är kopplade till VBS2 spelet. Flera soldater kan agera i samma simulering med instrumenterade vapen. DSTS kan även lätt flyttas och tas med ut i fält för träning före insats.

2.4.1 Gruppträningsanläggning (GTA)

Inom Försvarsmakten finns det idag två GTA, en vid Livgardet i Kungsängen och en i Boden. Dessa anläggningar har idag cirka tio år på nacken och kommer att uppgraderas. Anläggningen på Livgardet har använts mer än 2500 timmar och varje vapen har avlossat mer än 100 000 skott (räkneverken har varvats). Det finns åtta skjutplatser i hallen, 6 AK

och 2 pistoler. Går även simulera dag och natt, använda bildförstärkare etcetera. Man kan skapa egna ”scenarier” i systemet utifrån verkliga kartor.

Vapnen är modifierade av tillverkaren med luftdrivning av mekanismen, olika sensorer för att känna om vapnet lutar och så vidare. Systemet reagerar på en laser som lyser på skärmen och känner av var skytten siktar. Man kan följa hur man rör sig före och efter skott och mäta tid till skott. GTA är ett mycket bra verktyg för att skjuta under realistiska förhållanden.



Figur 6. Gruppträningsanläggningen (GTA) Livgardet med ombyggda Ak5.



Figur 7. Bild Vy mot skärmarna GTA



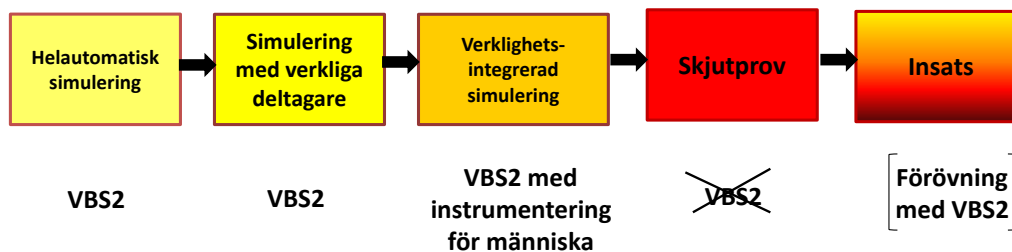
Figur 8. Övningsledningens plats i GTA

3 Simulering av eldhandvapensystem med VBS2

I detta avsnitt beskrivs hur simulering kan användas för att testa vapensystemets parametrar. Resultatet från simuleringarna är ett av de kvantifierade ingångsvärden som används i en Bayesiansk modell av det slag som beskrivs i kapitel 4. Andra data till en sådan modell kommer från skjutprov, erfarenheter vid insatser, litteraturstudier med mera.

3.1 Metodik

En av uppgifterna i projektet har varit att inventera existerande soldatsimuleringssystem. Eftersom Försvarsmakten redan har ett licensavtal för VBS2, samt flerårig erfarenhet av att använda detta verktyg, är VBS2 av särskilt intresse. Vår utgångspunkt i denna rapport är att VBS2 kan vara *ett av de verktyg* som kan användas att uppskatta effekten av ett vapensystem i flera av stegen i värderingskedjan, se Figur 9.



Figur 9. VBS2:s användning i olika steg i värderingskedjan.

Det finns exempel på verklighetsintegrerad simulering med VBS2. I en brittisk studie [16] av automatisk målidentifiering, som presenteras direkt i siktet, har man använt vapenattrapper och vars "skott" påverkar den virtuella miljön i VBS2. Via egen mjukvaruutveckling för VBS2 har man även lyckats mäta 19 olika effektmått inklusive "tid till skott" och "tid till nedkämpad fiende".

Simuleringar kan läggas upp på tre sätt med olika grad av mänsklig medverkan:

1. Verkliga personer spelar både användare och motståndare
2. Verkliga personer spelar mot artificiella motståndare
3. Artificiella testpersoner spelar mot artificiella motståndare

Vilket sätt man väljer beror på syftet med simuleringen. Om syftet är att värdera vapenhantering, ergonomi, inlärningskurvor och så vidare måste man använda verklighetsintegrerade simuleringar eller skjutprov.

Exempel på syften med helt automatiska simuleringar kan vara att skaffa sig en bild av vilka konsekvenserna, av olika vapen eller kombination av vapen, blir i ett visst scenario. Simuleringen kan upprepas med olika scenarier. Man kan undersöka vilket resultat olika agerande ger vid användandet av ett visst vapen eller en viss kombination av vapen, det vill säga påvisa styrkor och svagheter. Man kan variera parametrar i ett vapensystem eller göra många simuleringar för att få ett större underlag.

I Tabell 1 återfinns en översikt över vilka för- och nackdelar de olika simuleringssätten har i relation till det syfte man vill uppnå med simuleringarna.

Tabell 1. Översikt över syfte och simuleringssätt.

Syfte	Sätt	Kommentarer
Konsekvenser av olika vapen-kombinationer	1	+ Testpersoner kan förmedla sina intryck (i efterhand) Man kan genom motståndarens reaktiva agerande styra spelet åt visst håll
		- Motståndaren agerar olika mellan simuleringarna Personalkrävande
	2	+ Testpersoner kan förmedla sina intryck (i efterhand) Motståndarens agerande kan göras identiskt i varje simulering.
		- Relativt tids- och personalkrävande
	3	+ Tids- och personalbesparande (när man väl har skapat ett "spel"). Positivt när man vill göra många upprepningar
		- Det finns ingen testperson som kan "ge recensioner"
Varierande agerande med visst vapen/kombination av vapen	1	+ Testpersoner kan förmedla sina intryck (i efterhand) Man kan genom motståndarens reaktiva agerande styra spelet åt visst håll
		- Motståndarens agerar olika mellan simuleringarna, vilket komplicerar utvärdering. Personalkrävande
	2	+ Om olika testpersoner deltar kan man få bred spridning på variationerna
		- Variationerna kan inte kontrolleras i förväg Personalkrävande
	3	+ Variationerna kan göras systematiska. Tids- och personalbesparande.
		- Kan kräva mycket förberedelser Lägre grad av realistiskt och spontant beteende
Variera parametrar i ett vapensystem	1	Ej aktuellt eftersom man måste hålla allt oförändrat utom parametern som ska testas
	2	Ej aktuellt eftersom man måste hålla allt oförändrat utom parametern som ska testas
	3	+ Man kan studera effekten av enskilda parameterar
		- Kan kräva mycket förberedelser
Många simuleringar för större underlag	1	Ej aktuellt eftersom det kräver omfattande resurser
	2	Ej aktuellt eftersom det kräver omfattande resurser
	3	+ Tids- och personalbesparande
		- Kan kräva mycket förberedelsetid, VBS2 körs bara i realtid

3.2 Slutsatser simulering av eldhandvapensystem med VBS2

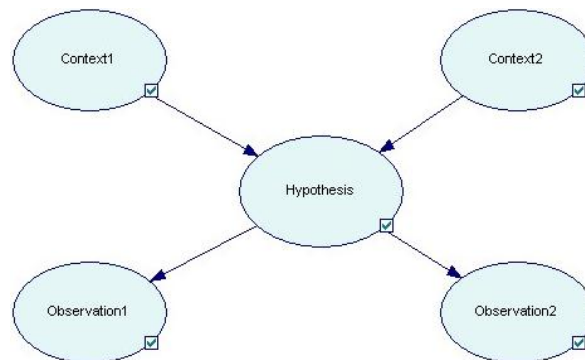
För att kunna värdera ett system måste man 1) veta vilka parametrar man vill utvärdera som är relevanta för att bedöma systemets effekt och 2) känna till värdena för dessa parametrar för systemet som ska värderas. Vi föreslår därför att man gör en analys av vilka parametrar som är avgörande och vilka man i dagsläget saknar underlag för. Utifrån detta upprättas en plan för hur man på lämpligast sätt inhämtar sådant underlag. Ett sätt kan vara att använda datorsimulering, där VBS2 är ett förslag på verktyg. Resultatet kan sedan användas för att bygga en Bayesianisk modell enligt vad som beskrivs i nästa kapitel.

4 Värdering med Bayesianiska nätverk

Ett Bayesianiskt nätverk är en statistisk modell med grafisk representation som beskriver hur olika variabler påverkar varandra genom sekvenser av kausala samband. Bayesianiska nätverk används för att skatta sannolikheten för vissa fenomen (normalt ej direkt observerbara tillstånd eller händelser av intresse) utgående från tillgänglig information om relaterade (observerbara) fenomen. Här kallar vi denna typ av ej direkt observerbara fenomen av intresse för "hypoteser." Märk att tekniken med Bayesianiska nätverk inte ställer krav på att alla observerbara variabler skall observeras innan man kan få en uppdaterad förståelse för den hypotes som man är intresserad av.

TNO har i en serie artiklar [17], [18] beskrivit hur flera modeller för personskador från granat-explosioner, statistiskt uttryckta som Bayesianiska nätverk, kan kopplas samman för att utgöra en komplex och uttrycksfull modell för personskador. Problemet som TNO beskriver och modellerar med Bayesianiska nätverk är i sin komplexitet likt eldhandvapensystemvärdering och den exempelmodell som beskrivs nedan är inspirerad av TNO:s modell.

Man brukar säga att ett Bayesianiskt nätverk består av en kvalitativ och en kvantitativ del. Den kvalitativa delen (ett exempel visas i Figur 10) är en riktad graf där noderna representerar tillstånd/händelser (som variabler), medan de riktade kanterna används för att visa hur dessa händelser och tillstånd påverkar varandra. Man brukar kalla en nod som en pil pekar på "barn" och den nod som pilar kommer ifrån för "förälder". Den påverkan en nod har på en annan nod är förknippad med en viss osäkerhet som statistiskt beskrivs med en betingad sannolikhetsfunktion (tillståndet hos "barnet" är beroende av tillståndet hos "föräldern"). Det här är den kvantitativa delen av det Bayesianiska nätverket. Vid manuell utformning av ett Bayesianiskt nätverk så är det vanligt att en pil från en nod A till en annan nod B får den kausala betydelsen "A leder (kan leda) till B". För vapensystemvärdering kan A exempelvis vara "Avlossat skott" och B "Rekylkraft". Avlossat skott resulterar i en rekyl, men en rekyl leder inte till att ett skott avlossas.

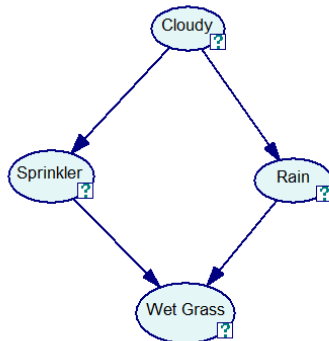


Figur 10. Ett Bayesianiskt nätverk med fem noder (visualiserat med verktyget GeNie³).

Det Bayesianiska nätverket i Figur 10 är ganska generiskt. Det klassiska läroboksexemplet i Figur 11 är dock mer konkret och kan eventuellt erbjuda bättre förståelse. Modellen visar samband mellan exempelvis molnighet och förekomsten av regn, och möjligheten för att trädgårdens gräsmatta är blöt givet att sprinklerna har varit påslagna. Modellen har fyra pilar och därmed fyra betingade sannolikhetsfunktioner. Exempelvis måste sannolikheten $P(\text{Rain}=\text{"True"}|\text{Cloudy}=\text{"True"})$, det vill säga sannolikheten för att det har regnat givet att det varit molnigt finnas specificerad. Lite beroende på vilka expertkunskaper i ämnet eller statistiskt underlag som finns tillgängligt sätts denna sannolikhet. Om vi i detta exempel

³ <http://genie.sis.pitt.edu/>

antar att den är 30%, och därmed motsvara det frekventistiska påståendet ”I 30% av fallen när det är molnigt, regnar det också.” Observera att även sannolikheten för $P(\text{Sprinkler}|\text{Cloudy})$ ⁴ även finns specificerad. Att det sambandet finns kan tolkas som att vattensprinklern kan inaktivera sig när det är mörkt.



Figur 11. Ett klassiskt Bayesianskt nätverk som visar (för sammanhanget intressanta) samband mellan väder och en våt gräsmatta.

Givet modellen i Figur 11, och noll eller flera observationer av de olika variablerna, så kan man skapa sig en (mer eller mindre osäker) förståelse för olika händelser. Om man observerar att gräset är vått så kommer det Bayesianska nätverket att uppdatera sannolikheterna för att sprinklern har varit påslagen och att det har regnat. Får man dessutom veta att det är molnigt så sjunker sannolikheten för att sprinklern varit på, men ökar för att det har regnat. Om det tvärtom inte har regnat så sker det omvända.

4.1 Bayesianska nätverk för vapensystemvärdering

Fallet med vapensystemvärdering kräver följande anpassning jämfört med det som TNO har betraktat vilket påverkar designen av vårt Bayesianska nätverk:

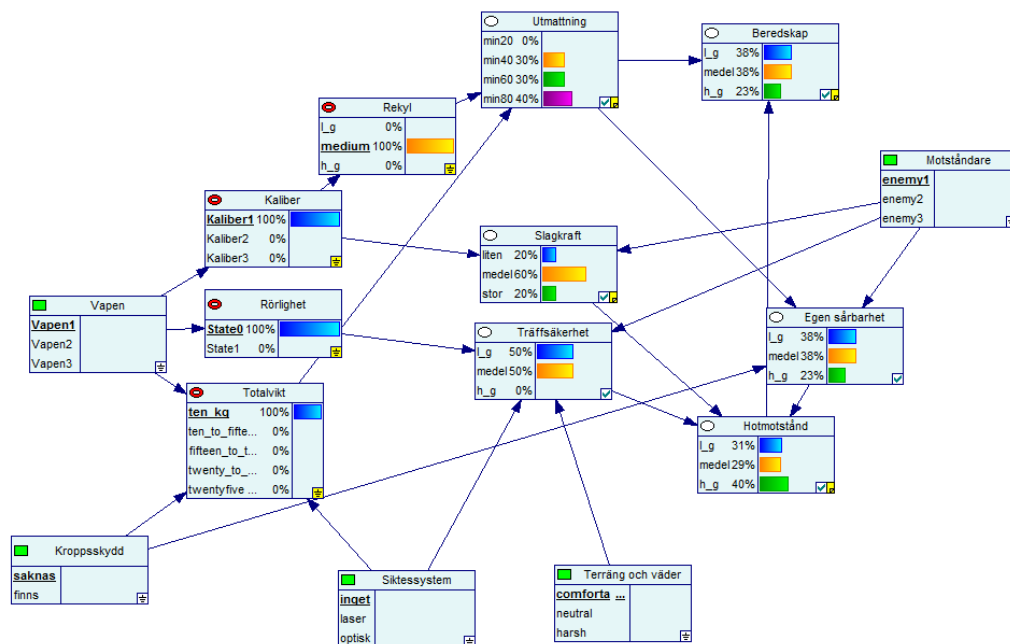
1. Minsta relevanta effektenhet för Försvarsmakten är normalt en skyttegrupp, inte en enskild soldat med ett vapen. Vi behöver alltså modellera och studera en hel skyttegrupps effekt med ett visst vapensystem för att kunna utvärdera vapensystemet. Dock bör en skyttegrupps beväpning kunna varieras och de enskilda soldaterna bidrag till skyttegruppens effekt modelleras.
2. I vapensystem kan det vara ett flertal händelser (hot) som vapensystemen bör testas mot (exempelvis olika typer av mål).
3. I fallet med vapensystemvärdering behöver modellen kunna verka över tidsspann motsvarande ett uppdrag, inte bara en isolerad händelse (som en granatexplosion).
4. Beroenden mellan variabler beskrivs i Bayesianska nätverk med hjälp av betingade sannolikheter. Dessa kan vara svåra att bestämma. I TNO:s arbete bestäms en del av dessa betingade sannolikheter med hjälp av fysikaliska modeller av sprängverkan. För vapensystemvärdering kan det finnas lämpliga modeller tillgängliga (exempelvis för fysikaliska fenomen som rör själva vapnet), men eftersom vi väljer att betrakta hela grupper av skyttar (med okända komplexa samband) kan vi istället behöva utföra simuleringar för att kunna fastställa statistiska beroenden.

Figur 12 visar en prototyp av ett Bayesianskt nätverk för vapensystemvärdering, som skall visa på uppskattade konsekvenser av att nyttja en viss typ av vapensystem. Prototypen

⁴ Man brukar av hävd utelämna variabelvärden när de inte behövs. Här skriver vi exempelvis inte ut `Sprinkler="False"`.

visar ett urval av variabler som skulle kunna väljas för den här typen av modell. De statistiska sambanden mellan variablerna är grovt uppskattade.

Nätverket innehåller tre olika typer av noder: *parametrar* (har en grön rektangel i vänstra hörnet), konstanter (som ges direkt av parametrarna vars symbol är en röd cirkel), samt vanliga osäkerhetsnoder (vita cirklar). Den visualisering av det Bayesianska nätverket som vi har valt här (som visar noder som rektanglar snarare än cirklar som är det vanligaste) visar både variablernas möjliga tillstånd samt vilka de aktuella sannolikheterna för dessa är.



Figur 12. En prototyp av ett BN för vapensystemvärdering, byggt och illustrerat med verktyget GeNIe.

Observera att detta Bayesianska nätverk är utformat för att beskriva en skyttegrupp, inte en enskilda skytt. Exempelvis görs antagandet här att samtliga skyttar har samma vapensystem (Vapen1 i Figur 12 vilket dock är en förenkling i detta exempel då i en full utvärdering en mix av olika vapen i gruppen bör utvärderas), och Slagkraft rör hela skyttegruppen, för att tillmötesgå egenskap 1) ovan. Variablerna beskrivs kortfattat i Tabell 2.

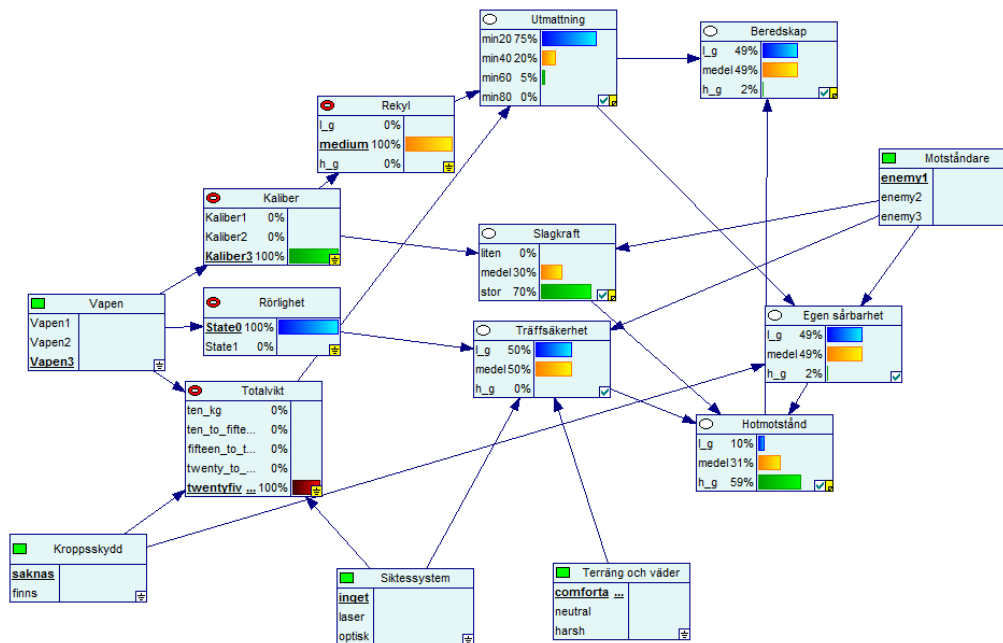
För att möta egenskaperna 2) och 3) om att inte vara kopplad till ett visst förlopp samt förmåga att möta olika typer av motstånd har vi försökt att utforma en prototyp som i princip beskriver en kompetens att bemöta olika hot (motståndare). Variablerna Hotmotstånd och Uppmärksamhet (som försöker beskriva skyttegruppens förmåga att upptäcka och ta itu med ytterligare utmaningar under en strid) uttrycker denna inställning. Om man vill så finns möjligheten att specificera en mix av hot (exempelvis genom att sätta enemy1 till 80% och enemy2 till 20%, för att reflektera att man förväntar sig att möta hotet enemy1, men att även hotet enemy2 är tänkbart), vilket kan ge en sorts allmän förmåga.

Tabell 2. Kort förklaring av de noder som förekommer i Figur 12

Nod	Förklaring
Vapen	Vapensystem
Kroppsskydd	Skyttens kroppsskydd (påverkar totalvikt och sårbarhet)
Siktessystem	Siktet
Terräng och väder	Sammanfattar förhållanden som råder vid tillfället som påverkar träffsäkerheten (exempelvis dimma)
Motståndare	Motståndare med olika egenskaper (skulle till exempel kunna röra utrustning och antal)
Kaliber	Vapensystemets kaliber (ges direkt av val av vapen)
Rekyl	Styrkan i vapnets rekyl (används här för att modellera precision i uppföljningsskott och skyttegruppens utmattning)
Rörlighet	Hur smidig man är med valt vapen, hur snabbt man kommer till skott exempelvis
Totalvikt	Totalvikt som påverkas av bland annat vapenval och skydd
Slagkraft	Omfattningen av den skada man kan åsamka motståndaren vid träff med vapnet
Träffsäkerhet	Hur stor möjlighet man har att träffa rätt
Utmattning	Hur snabbt skyttegruppen blir trött och förlorar stridsförmåga (en utvärderingsvariabel)
Egen sårbarhet	Hur stor risken är att den egna skyttegruppen förhindras att nedkämpa fienden (en utvärderingsvariabel, till exempel motsatsförhållandet mellan raka och snedställda kolvar (rekylupptagning vs exponering för olika sikteshöjd))
Hotmotstånd	Skyttegruppens förmåga att bekämpa fienden (en utvärderingsvariabel)
Beredskap	Skyttegruppens förmåga att vara uppmärksam på händelser som inte direkt har med striden att göra (en utvärderingsvariabel, till exempel förstörande riktmedel med smalt synfält jämfört med icke förstörande med stort synfält.)

Slutligen, egenskap 4) gäller de betingade sannolikheterna i det Bayesianska nätverket som är avgörande för resultatet. Dessa kan sättas av experter, genom experiment eller från historiska data. I vissa fall finns knappast någon expertkunskap, exempelvis: "Hur stor är träffsäkerheten för en skyttegrupp, på ett visst mål, med ett visst vapen och sikte, i dimma?" I vissa fall kan man utföra praktiska experiment, men då många experiment krävs för att få ett tillförlitligt statistiskt underlag kan sådana experiment vara både tidskrävande och kostsamma. Det är här den simuleringsmetodik som vi diskuterat i ett tidigare kapitel och VBS2 kommer in. Helt automatiska simuleringar kan utföras för att exempelvis fastställa hur skyddande olika kroppsskydd är mot beskjutning. Verklighetsintegrerade simuleringar med verkliga skyttar och vapenattrapper kan användas för att uppskatta exempelvis träffsäkerheten under olika förutsättningar.

För att illustrera hur man kan experimentera med vapensystemutvärdering med hjälp av vår prototyp, byter vi vapensystem genom att sätta om variabeln Vapen från Vapen1 till Vapen3. Resultatet visas i Figur 13. Av det Bayesianska nätverket framgår att Vapen3 är tyngre än Vapen1 och leder till tidigare utmattning. Förmågan att besegra motståndaren ökar dock, men beredskapen för nya händelser sjunker.



Figur 13. Till skillnad från föregående figur så har vi här valt vapensystem Vapen3 för en jämförelse. Enligt modellen är Vapen3 tyngre vilket leder till snabbare utmatning samt bland annat lägre beredskap för ytterligare händelser.

4.2 Slutsatser Bayesianska nätverk

Bayesianska nätverk är särskilt lämpade att användas när man har osäkra data och/eller osäkra modeller. De står i kontrast till deterministiska modeller för vilka komplexa variabelvariationer behöver göras för att värdera känsligheten i resultat då data är osäkra. Det finns dock en hel del utmaningar med att använda Bayesianska nätverk. Utvecklingen av en Bayesiansk nätverksmodell kan ske på flera sätt och utformningsarbetet måste delvis vara drivet av vad som kan mätas, vilka parametrar som man vill styra, samt vilka faktorer som man vill utvärdera. Kvaliteten på ett Bayesianskt nätverk är vidare mycket beroende på de så kallade betingade sannolikheterna som visar på statistiskt beroende mellan variabler. Man kan sällan fastställa deras sanna värden, men man kan försöka approximera dem. I vissa fall kan man använda fysikaliska modeller eller ta hjälp av domänexperter som får uttala sig om de betingade sannolikheterna, men ibland (särskilt när förhållandet mellan två variabler är komplext, som exempelvis dimma och träffsäkerhet) kan man dra nytta av simuleringar för att uppskatta sannolikheterna.

5 Slutsatser och fortsatta studier

I den här studien har vi dels fått möjlighet att undersöka olika soldatsimuleringsverktyg (framför allt VBS2) och krav som kan ställas på dessa, samt Bayesianska nätverk som en metodik för systemvärdering. En metodik som kan baseras på soldatsimuleringsverktyg.

Vår studie har lett fram till en rad insikter, om möjligheter och utmaningar, med den simuleringsbaserade metodiken som redovisas nedan.

Möjligheter:

- VBS2 går att nyttja för att simulera och värdera vissa parametrar hos eldhandvapensystemet, även om verktyget främst är ett utbildningsverktyg för taktiskt uppträdande i skyttegrupp.
- En kombination av VBS2 som spelmotor integrerat med vapenattrapper kan öka möjligheterna att värdera skyttens förmågor och andra praktiska frågeställningar.
- För att generera större statistiska underlag är det troligen mer lämpligt att utnyttja snabba analytiska/stokastiska datorprogram för att detaljstudera olika delvariabler.
- En värderingsmodell baserat på Bayesianska nätverk har potentialen att uppskatta komplexa effektmått.
- En Bayesiansk nätverksmodell kan hantera både osäkra data, som exempelvis motståndarens val av beväpning, samt osäkerheter i modeller.
- Simuleringar kan vara både kostnads- och tidsbesparande jämfört med prov och försök i större skala.

Utmaningar:

Det är tidskrävande att ta fram en lämplig Bayesiansk nätverksmodell. Man måste exempelvis avgöra vilken detaljnivå som modellen bör beskriva, samt hur väl man med hjälp av simuleringsverktyget kan uppskatta de statistiska beroenden som den valda modellen kräver. Troligtvis måste man iterera sig fram till en bra modell.

5.1 Förslag på fortsatta studier

Det finns idag stor och djup kunskap kring vapenteknik och ballistik, men variablerna som skytt och skytte är inte lika väl modellerade eller utredda. FOI ser därför att dessa faktorer bör utredas på djupet för att skapa en modell av soldat med utrustning som kan användas för simuleringar av soldat som skjutet.

6 Referenser

- [1] Leif Nylander, Försvarsmaktens materialproduktionschef, "Materialförsörjningen, Försvarsmaktens planerade materielförsörjning 2014-2020", 2012-08-17, www.forsvarsmakten.se.
- [2] Övlt Kenneth Tapper, Högkvarteret, "Tillägg till VU 2012 MSS avseende förbered anskaffning av nytt eldhandvapen", 23 250:5288, 2012-02-15.
- [3] Övlt, S-B Johansson, Mj Boo Isacsson, "Utredning av finkaliberprojektilens verkansförmåga", AA.1182301, FOI-2012-962, 2012-09-13.
- [4] Martin Hagström, Omförhandlingsunderlag, AF.9220608 Vapen och skydd FOI 12, Tillägg till projektet "06.2 Vapensystemvärdering", FOI-2011-432, 2012-08-28.
- [5] Chefen för armén. (1994). Skjutreglemente för armén, Pansarskott, eldhandvapen och kulsprutor Del 1 och Del 2 (M7742-111002 och 111012. PEK 1 och 2.
- [6] Högkvarteret. (2010). RTTEM för PSG 90. 34800:65390.
- [7] Marine Doom. (n.d.). Retrieved November 29, 2012, from The Doom Wiki: http://doom.wikia.com/wiki/Marine_Doom.
- [8] Mj Arne Lamberth, "Studieförsök 01094 SF Markstridsutrustad soldat (MARKUS) – SLUTRAPPORT", 21 120:30099, 2007-02-01.
- [9] Mats Hartmann, Peter Alvå, Johan Pelo, Dag Wallström, "AVAL 6.9.00 Reference manual", FOI-R--3464--SE, Juni 2012.
- [10] Ulf Danielsson, Ulf Bergh, Stig Gramo, "Kroppsskyddets inverkan på prestation och fysisk belastning", FOI-R--0799--SE, maj 2003.
- [11] Tyko Brising, "Översikt av Virtual Battlespace 2, VBS2", 10FMV11446-12:1, 2012-08-14.
- [12] Peter Hammar, Göran Bergström, Janne Åkerström, Mirko Thorstensson, Per-Anders Oskarsson, "Spel för träning av soldater", FOI-R--3540--SE, December 2012.
- [13] <http://nsrdec.natick.army.mil/media/fact/techprog/IWARS.PDF>
- [14] Andrew Clark, "IWARS GSS AoA Study", Army Ops Research Symposium (AORS), 13-14 Oct 2010.
- [15] <http://www.meggitttrainingsystems.com/Military.aspx>
- [16] Empson, S., Farrington, J., Green, S., & Lewy, T. (2012). Investigating the Benefit of an Augmented Reality based Targeting Support System to Dismounted Close Combat Soldiers through Simulation. the annual symposium for the NATO Modelling and Simulation Group (NMSG) MSG-094.
- [17] van der Voort, M., Khoe, Y. S., van der Sluijs, W., Smit, C., van Oosterhout, T., & van der Horst, M. (2010). Development of a cost-benefit analysis methodology for compound protection and survivability. 5th European Survivability Workshop (ESW 2010). Ålesund, Norway.
- [18] van der Voort, M., Verolme, E., van der Sluijs, W., Zambrano, R. J., Weerheijm, J., & van der Horst, M. (2008). Analysis of the safety of military personnel using Bayesian belief networks (BBN). 33rd DoD explosives safety seminar (DDESB). Palm Springs.

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