

ONGERUBRICEERD

Earth, Life & Social SciencesKampweg 5
3769 DE Soesterberg
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

www.tno.nl

T +31 88 866 15 00

F +31 34 635 39 77

TNO-rapport**TNO 2017 R10378****V1427****Effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen
voor verschillende toepassingsgebieden**

Datum	maart 2017
Auteur(s)	Dr. J.E. Korteling Dr. J. Voogd
Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Vastgesteld door	A.C. van Lier DMO/KIXS
Vastgesteld d.d.	29 maart 2017
Titel	Ongerubriceerd
Managementuittreksel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	Ongerubriceerd
Bijlagen	Ongerubriceerd
Aantal pagina's	38 (incl. bijlage, excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen	1

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht van het ministerie van Defensie werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Modelvoorwaarden voor Onderzoeks- en Ontwikkelingsopdrachten' (MVDT 1997) tussen de minister van Defensie en TNO indien deze op de opdracht van toepassing zijn verklaard dan wel de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

© 2017 TNO

Samenvatting

Effectiviteitsfactoren zijn kenmerken, factoren of aspecten van simulatiemiddelen die de toepassing van simulatie meer of minder effectief kunnen maken. Vier belangrijke toepassingen van simulatie zijn: Opleiding en Training (O&T); ondersteuning van commandovoering (CoVo); Analyse, Conceptontwikkeling & Doctrine (AC&D); en simulatie-gebaseerde acquisitie (SBA). Bij het gebruik van simulatoren voor de onderscheiden toepassingen moet altijd zoveel mogelijk worden geprofiteerd van de potentiële voordelen, en moeten de mogelijke nadelen zoveel mogelijk worden beperkt. Kennis over de effectiviteitsfactoren kan behoeftestellers helpen bij het onderbouwen en nemen van beslissingen over de inzet van simulatie. Een deel van de effectiviteitsfactoren is specifiek voor één van de onderscheiden toepassingen. Maar een groot deel van de effectiviteitsfactoren is generiek en geldt dus voor alle toepassingsgebieden. Voor de toepassing van O&T zijn de effectiviteitsfactoren al in kaart gebracht. De Defensieorganisatie heeft bepaald dat bij de verwerving van een simulatiemiddel voor O&T niet alleen gekeken moet worden naar de consequenties voor O&T, maar ook naar de vraag of het simulatiemiddel tevens voor andere toepassingen geschikt is (Defensiestaf, 2015). In dit rapport is onderzocht in welke mate de effectiviteitsfactoren voor O&T ook relevant zijn voor andere toepassingen. Eerst wordt een overzicht gegeven van de verschillende toepassingsgebieden van simulatie. Vervolgens is door analyse onderzocht in hoeverre de kennis over effectiviteitsfactoren voor O&T simulatiemiddelen ook van toepassing is voor de andere drie toepassingsgebieden. Daarnaast wordt op globaal niveau een overzicht gegeven van de effectiviteitsfactoren die specifiek gelden voor deze drie toepassingsgebieden.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding.....	4
2	Specifieke en generieke effectiviteits-factoren	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Hoofdcategorieën van effectiviteits-factoren	7
3	Specifieke effectiviteitsfactoren per toepassingsgebied	11
3.1	Specifiek voor O&T.....	11
3.2	Specifiek voor CoVo: missievoorbereiding en operationele beslissingsondersteuning	12
3.3	Specifiek voor AC&D: analyse, conceptontwikkeling & doctrine	14
3.4	Specifiek voor SBA: materieelontwikkeling en -verwerving.....	17
4	Generieke effectiviteitsfactoren	20
4.1	Praktische effectiviteitsfactoren	20
4.2	Motivatie en spel.....	20
4.3	Natuurgetrouwheid	21
4.4	Organisatie	23
5	Conclusies en discussie	26
6	Referenties	29
	Bijlage(n)	
	A Generieke Effectiviteitsfactoren	

1 Inleiding

Een doel van het hoofdonderwerp Simulatoreffectiviteit (Programma V1427) is het ontwikkelen van een ondersteuningsraamwerk dat kennis en hulpmiddelen toegankelijk en bruikbaar maakt voor de behoeftezoekers, zodat zij makkelijker en beter beslissingen kunnen nemen over te verwerven, gebruiken of verbeteren van simulatiemiddelen voor opleiding en training (O&T) en die beslissingen ook goed kunnen onderbouwen.

Kennis over, en ervaring met, M&S blijkt sterk verspreid in de Defensieorganisatie aanwezig te zijn. Bovendien fluctueert de hoeveelheid beschikbare expertise, bijvoorbeeld als gevolg van functieroulatie, sterk binnen Defensie. Daarnaast blijken de problemen en vragen op M&S gebied zeer verschillend van aard en omvang (van den Bosch, Van der Pal, Korteling & Voogd, 2014). De te ontwikkelen ondersteuning moet daarom breed toepasbaar zijn: in verschillende typen situaties en bij verschillende typen vragen. De ondersteuning kan daarom niet bestaan uit een standaard “procesgang” met formats en een vaste sequentie van stappen die, onafhankelijk van het probleem, op een uniforme wijze worden doorlopen.

Teneinde een methode van ondersteuning te ontwikkelen die dynamisch nieuwe kennis over trainingseffectiviteit kan opnemen, wordt gewerkt aan een flexibel te gebruiken ondersteuningsmiddel. Dit middel komt tegemoet aan de grote diversiteit van verschillende typen vragen die door behoeftezoekers, verwervers en gebruikers (operators, spelers, leerlingen) van simulatiemiddelen voor opleiding en training (O&T) kunnen worden gesteld. Zo kan er eerst ondersteuning worden gegeven bij het maken en onderbouwen van de beslissing tussen wel of niet simuleren in een bepaald leertraject, vervolgens ondersteuning bij het bepalen van het optimale type simulatie (bijvoorbeeld simulatie vs. gaming) en daarna bij het opstellen van de functionele specificaties voor het gekozen simulatiemiddel. Later in de life cycle gaat het dan meer over vragen betreffende updating en upgradering van systemen of om vragen over een simulatiemiddel het best gevalideerd kan worden. Mogelijke vormen van ondersteuning zijn taxonomieën, checklists en computer-gebaseerde tools. Zulke hulpmiddelen ondersteunen de beslissingen inhoudelijk en maken het analyseproces overzichtelijker en efficiënter. Naarmate de kennis over training, en over mogelijke leeroplossingen groeit kan in de toekomst de ondersteuning specifiekere worden afgestemd op de behoeften van de gebruiker en op het type vraagstelling.

Een van de eerste tussenresultaten van het project is een lijst van effectiviteitsfactoren die als hulpmiddel kan worden gebruikt bij het verwerven en specificeren van simulatiemiddelen voor O&T (Korteling, Van den Bosch & Van der Pal, 2015). Deze lijst beschrijft alle factoren die simulatiemiddelen voor O&T meer of minder effectief kunnen maken. Bij het gebruik van simulatiemiddelen geldt dat zoveel mogelijk dient te worden geprofiteerd van de potentiële voordelen en dat de mogelijke nadelen zoveel mogelijk moeten worden beperkt. Op deze manier kan kennis over deze factoren behoeftezoekers helpen bij het onderbouwen en nemen van beslissingen over de inzet van simulatiemiddelen voor O&T.

Wanneer geconcludeerd wordt dat een bepaald simulatiemiddel ook voor andere toepassingen dan O&T gebruikt zou moeten worden, dan is het aan te bevelen om de aanvullende eisen aan het systeem die daarvan het gevolg zijn, expliciet op te

nemen in de behoeftestelling. Daarbij dient dan tevens rekening te worden gehouden met effectiviteitsfactoren die voor die andere toepassingen gelden.

De Defensieorganisatie is van mening dat bij de verwerving van een simulatiemiddel voor O&T niet alleen gekeken moet worden naar de consequenties voor O&T, maar ook naar de vraag of het simulatiemiddel tevens voor andere toepassingen geschikt is (Defensiestaf, 2015). Daarom betreft één van de hoofdonderwerpen van het Thema Simulatoreffectiviteit van V1427 de mate waarin effectiviteitsfactoren voor O&T ook gebruikt kunnen worden bij simulatiemiddelen voor andere toepassingsgebieden. Dit rapport doet verslag van onderzoek naar de vraag of de effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen voor O&T ook van toepassing zijn op simulatiemiddelen die voor andere toepassingsgebieden en voor andere doelstellingen worden ingezet. Eerst wordt een overzicht gegeven van de verschillende toepassingsgebieden van simulatie. Vervolgens wordt per toepassingsgebied een overzicht gegeven van die effectiviteitsfactoren die alleen gelden voor de betreffende toepassing. Tot slot worden in Bijlage A de generieke effectiviteitsfactoren beschreven zoals die ook gelden voor toepassingsgebieden buiten O&T.

2 Specifieke en generieke effectiviteits-factoren

2.1 Inleiding

Een simulatiemiddel voor O&T wordt hier gedefinieerd als:

Een (geheel of gedeeltelijk) nagebootste omgeving waarmee personen met behulp van een interface en een (wiskundig) model interacteren met als doel daarmee door middel van oefening bepaalde competenties te kunnen verwerven.

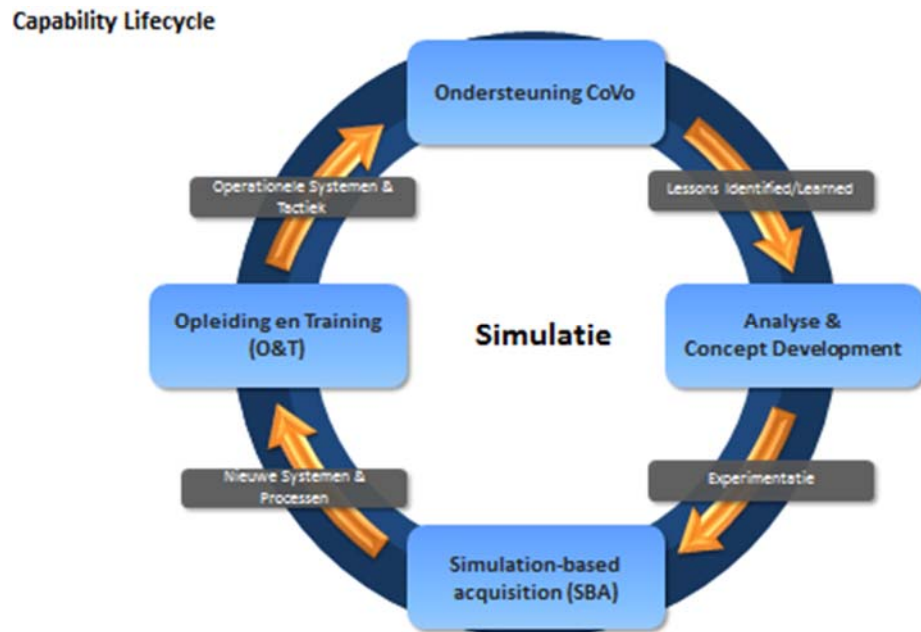
Op basis van de *Defensie Simulatie Richtlijnen* (Defensiestaf, 2015), *Visie Modelling en Simulatie* van het CLAS (Simulatiecentrum Landoptreden, 2011) en de door de NMSG opgestelde *NATO Modelling and Simulation Master Plan* (AC/323/NMSG-015, 2012) onderscheiden we in dit rapport, naast Opleiding en Training (O&T), nog drie andere toepassingsgebieden van M&S voor Defensie, dat zijn:

- Beslissingsondersteuning en missievoorbereiding¹. Dit wordt ook genoemd: Support to Operations, operational decision support of ondersteuning van commandovoering (CoVo). Wij noemen het hier kortweg: **Commandovoering (CoVo)**.
- Analyse en ontwikkeling van operationele concepten en doctrines en experimentatie. Dit wordt ook wel genoemd: "Capability Development" (bijvoorbeeld in de NATO Master Simulation (AC/323/NMSG-015, 2012) of Capability/Concept Development and Experimentation. Wij noemen het verder in dit rapport: **Analyse, Concept ontwikkeling & Doctrine (AC&D)**².
- Verwerving van materieel, ook wel genoemd Ontwikkeling & Aanschaf. Wij noemen het hier: **Simulator Based Acquisition (SBA)**².

Voor deze drie andere toepassingsgebieden kan vrijwel dezelfde definitie voor een simulatiemiddel worden gebruikt als de definitie voor O&T simulatie, zoals geformuleerd aan het begin van deze paragraaf. Alleen het laatste deel van de definitie moet dan steeds worden aangepast aan het betreffende toepassingsgebied. Figuur 1 toont de relatie tussen de bovenstaande vier toepassingsgebieden voor Defensie. Hier is te zien dat deze processen in een cyclisch-dynamisch verband staan met een logische volgorde.

¹ Operationele beslissingsondersteuning en missievoorbereiding (preparatie of rehearsal) worden soms ook als aparte categorie onderscheiden (bijvoorbeeld in het NATO M&S Master Plan).

² SBA en AC&D zijn veelgebruikte en gangbare termen.



Figuur 1 De relatie tussen de bovenstaande vier toepassingsgebieden voor Defensie.

2.2 Hoofdcategorieën van effectiviteits-factoren

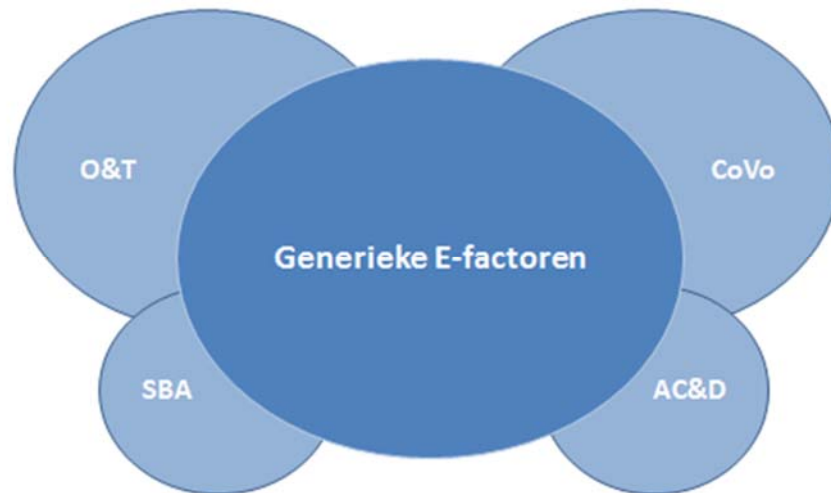
Effectiviteitsfactoren zijn kenmerken of aspecten van simulatiemiddelen die toepassing ervan (in dit geval voor O&T) meer of minder effectief kunnen maken (hieronder vallen dus ook factoren die de efficiëntie beïnvloeden³ (Korteling, van den Bosch & Voogd, 2016). Het door Korteling, Van den Bosch & van der Pal (2015) ontwikkelde overzicht van effectiviteitsfactoren voor O&T simulatiemiddelen is onderverdeeld in vijf hoofdcategorieën (zie Bijlage A). Dit zijn:

- 1 praktische factoren;
- 2 didactiek;
- 3 motivatie;
- 4 natuurgetrouwheid;
- 5 organisatie.

Een deel van deze effectiviteitsfactoren is specifiek voor O&T; een ander deel geldt ook voor andere toepassingsgebieden. Een voorbeeld van een algemeen geldende factor behorend bij de categorie “praktische factoren” is dat met simulatie allerlei mogelijke scenario’s ontwikkeld en doorlopen kunnen worden die zonder simulatie niet mogelijk of te gevaarlijk zouden zijn.

³ Effectiviteit of doeltreffendheid heeft betrekking op de uitkomst van het proces, de realisatie van de O&T doelstellingen. Efficiëntie of doelmatigheid betreft de hoeveelheid benodigde middelen om dat doel te bereiken. Bij een gelimiteerd budget (wat meestal het geval is) zullen efficiëntie-bevorderende mogelijkheden (indirect) leiden tot een hogere effectiviteit van simulatiemiddelen. Bijvoorbeeld: een kortere trainingsduur (efficiënt) zorgt dat er meer tijd en geld overblijft voor extra bijscholing van leerlingen of instructeurs of voor verbetering van M&S middelen, hetgeen weer ten goede kan komen aan de uiteindelijke O&T resultaten (effectief).

Ook kunnen met simulatie allerlei logistieke voordelen worden behaald en besparingen worden gerealiseerd op operationele middelen (Australian Defence Simulation Office , 2005). Zulke voordelen gelden dus niet alleen voor O&T maar ook voor bijvoorbeeld AC&D of CoVo.

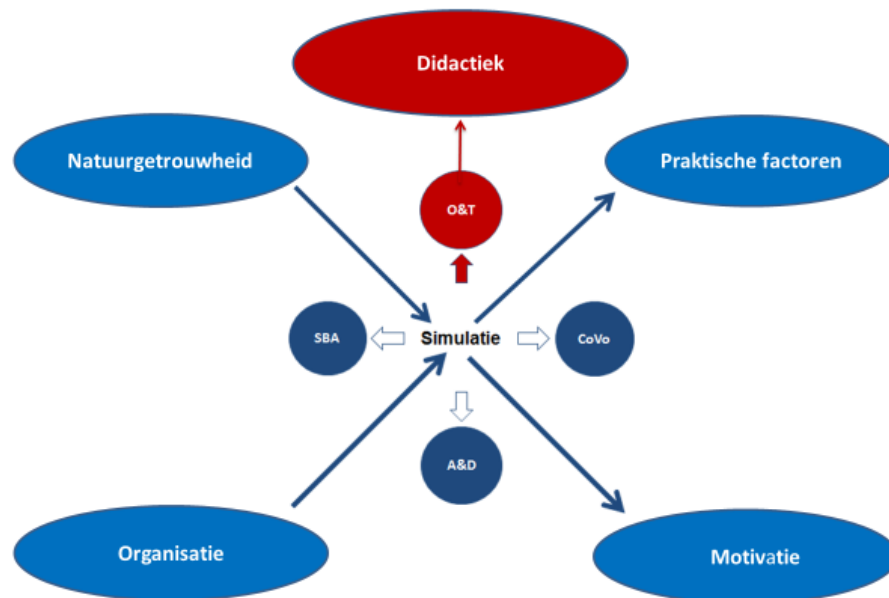


Figuur 2 Een groot deel van de effectiviteitsfactoren is generiek en geldt voor meerdere (vaak alle) toepassingsgebieden.

Volgens Korteling, van den Bosch & van der Pal (2015) betreffen de eerste twee van de bovengenoemde hoofdcategorieën van effectiviteitsfactoren (praktische factoren en didactiek) vooral *voordelen* van simulatiemiddelen boven meer conventionele wijzen van opleiding en training. Sommige van deze voordelen van simulatiemiddelen worden ook genoemd in Visie M&S van het CLAS (Simulatie Centrum Landoptreden, 2011) en bijvoorbeeld in de *Simulation Guide* van de Australische Defensie (2005). Zo kun je met simulatie risico's van praktijksessies vermijden en kun je flexibel, makkelijker en al naargelang behoefte allerlei praktijksituaties en oefenscenario's of configuraties van apparatuur realistisch nabootsen.

De derde categorie van effectiviteitsfactoren (motivatie) betreft spelmatige kenmerken van simulaties (i.e. games) die het leren prikkelend en/of leuk, spannend en uitdagend maken voor bepaalde doelgroepen. Dit kan worden gedaan door het inbrengen van bijvoorbeeld narratieve en esthetische elementen (voor een review, zie bijvoorbeeld Korteling, Helsdingen & Theunissen, 2013). Deze mogelijke voordelen van simulatie zijn echter alleen onder bepaalde voorwaarden echt effectief, bijvoorbeeld als het nodig is om de leermotivatie bij bepaalde doelgroepen aan te wakkeren (Korteling & van den Bosch, 2015).

De als laatste twee genoemde hoofdcategorieën (natuurgetrouwheid en organisatie) hebben een *voorwaardelijk* karakter voor effectiviteit. Hierbij gaat het niet over de wijze waarop simulatiemiddelen voor O&T meerwaarde kunnen bieden boven conventionele middelen, maar om de vraag aan wélke eisen simulatiemiddelen moeten voldoen om ze daadwerkelijk effectief te kunnen inzetten⁴. Een simulator kan bijvoorbeeld heel praktisch voordelig, en volgens een groot aantal didactische principes, worden gebruikt. Als echter de natuurgetrouwheid (fidelity) van deze simulator met betrekking tot kritische taakonderdelen niet klopt, dan zal de effectieve leeropbrengst (transfer of training) ervan waarschijnlijk zeer beperkt, of zelfs negatief, zijn. Hetzelfde kan gelden bij als een systeem niet goed wordt ingebed in de organisatie, bijvoorbeeld als de instructeurs niet goed met het middel overweg kunnen (of willen). De effectiviteitsfactoren behorend tot deze twee hoofdcategorieën, geven dus inzicht in de voorwaarden en in potentiële obstakels voor effectieve inzet van simulatiemiddelen.



Figuur 3 Samenhang tussen toepassingsgebieden en de 5 hoofdcategorieën effectiviteitsfactoren.

In figuur 3 is de hoofdcategorie *Didactiek* in rood aangegeven. De didactische factoren zijn allemaal specifiek voor het toepassingsgebied O&T. Deze specifieke relatie met één enkel toepassingsgebied geldt niet voor de andere vier hoofdcategorieën.

⁴ De mate waarin deze effectiviteitsfactoren van invloed zijn op een specifieke situatie (het *gewicht* ervan) hangt af van een aantal modulerende factoren, zoals: de eigenschappen van de doelgroep (bijvoorbeeld beginner vs. gevorderd) en het type taak (bijvoorbeeld perceptief-motorisch vs. cognitief). Dit probleem is elders uitvoeriger behandeld (bijvoorbeeld Korteling et al., 2015).

De effectiviteitsfactoren die onder deze andere hoofdcategorieën vallen zijn geheel, of vrijwel geheel, ook relevant voor de andere toepassingsgebieden. Daarmee zijn de in figuur 3 in blauw aangegeven hoofdcategorieën generiek voor alle toepassingsgebieden.

De pijlen in figuur 3 geven nog aan in welke richting de effectiviteitsfactoren hoofdzakelijk werken. Zo kan simulatie praktische en didactische voordelen bieden en (mits op de juiste wijze geïmplementeerd) de motivatie om het te gebruiken bevorderen en lopen de pijlen van simulatie naar praktische voordelen, didactiek en motivatie. Andersom zijn natuurgetrouwheid en een goede organisatorische inbedding belangrijke voorwaarden (“voorwaardelijke effectiviteitsfactoren”) om simulatie effectief te laten zijn en lopen er dus pijlen van natuurgetrouwheid en organisatie naar simulatie.

3 Specifieke effectiviteitsfactoren per toepassingsgebied

In dit hoofdstuk behandelen we allereerst globaal de effectiviteitsfactoren die uniek zijn voor één specifiek toepassingsgebied. Vervolgens komen we in hoofdstuk 4 terug op de effectiviteitsfactoren die voor verschillende toepassingen gelden.

3.1 Specifiek voor O&T

We hoeven hier niet diep in te gaan op een beschrijving van het O&T domein en de rol die simulatie hierbij speelt. Simulatie wordt voor dit toepassingsgebied ingezet om oefenen en trainen realistischer, goedkoper, effectiever en/of eenvoudiger te maken. Zo kunnen bijvoorbeeld situaties gecreëerd worden die in een live situatie, te gevaarlijk of verboden zijn. Gebruik van simulatiemiddelen ten behoeve van O&T in de krijgsmacht is hierdoor nog steeds groeiend en niet meer weg te denken. Simulatiemiddelen kunnen in korte tijd een zeer hoge leeropbrengst opleveren en O&T in een juist evenwicht met live oefeningen veel efficiënter maken. Hierdoor kan de totaal besteedbare opleidings- en trainingstijd aanzienlijk efficiënter en effectiever gebruikt worden. Indien goed gebruik wordt gemaakt van, en rekening wordt gehouden met, het grote aantal effectiviteitsfactoren mag worden verwacht dat simulatiemiddelen daarnaast kunnen leiden tot een kwaliteitsverhoging van O&T trajecten. Tot slot vormt O&T simulatie niet alleen een efficiënt en kosteneffectief alternatief voor trainingen, maar voor sommige typen trainingen zelfs noodzakelijk⁵. Zo wordt een F35 piloot bijna volledig met simulatie opgeleid voordat er ook maar één vlieguur met dit toestel gemaakt kan worden.

In het eerder genoemde overzicht van effectiviteitsfactoren, gemaakt door Korteling et al (2015), zijn alle effectiviteitsfactoren kort beschreven die relevant zijn voor O&T. Deze effectiviteitsfactoren zijn weergegeven in Bijlage A. De meeste daarvan zijn generiek en gelden *grosso modo* (in een iets aangepaste, meer algemene formulering) voor alle M&S toepassingsgebieden. Alleen de didactische kenmerken en mogelijkheden van een simulator of game, en de wijze waarop hiervan gebruik wordt gemaakt gelden specifiek voor het toepassingsgebied O&T. Dit betreft de effectiviteitsfactoren die beschreven zijn onder de tweede hoofdcategorie "Didactiek". Deze effectiviteitsfactoren zijn alleen bepalend voor de effectiviteit van simulatiemiddelen die gebruikt worden voor leer- of trainingsprogramma. Zo hebben de uitgebreide potentiële mogelijkheden van O&T simulatiemiddelen voor het creëren van leermomenten en het monitoren, registreren en terugkoppelen van leerling gedrag een groot aantal specifiek didactische voordelen.

⁵ Dit geldt met name voor het luchtdomein.

Effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen die specifiek gelden voor het toepassingsgebied O&T betreffen:

- de mogelijkheid om het trainingsprogramma (precies) af te stemmen op de doelgroep en op de leerdoelen;
- les- en scenariomanagement, i.e., scenario's desgewenst kunnen bijsturen en afstemmen op de trainingsbehoefte van een individuele cursist of een groep;
- vergroting van de "instructeurscapaciteit", zowel kwantitatief (minder instructeurs nodig) als kwalitatief (beter, objectief, adaptief, op maat en nauwkeuriger);
- de mogelijkheid om het taakgedrag en de taakprestatie, tijdens de les of achteraf, optimaal te volgen, te meten en te beoordelen;
- extra hulpmiddelen voor evaluatie achteraf om met de cursist terug te kijken op het (taak)gedrag en te reflecteren over wat goed en niet goed ging en hoe het anders of beter zou hebben gekund;
- mogelijkheden om additionele feedback te geven, zoals replay en augmented cueing;
- motiverende, prikkelende en uitdagende mogelijkheden gericht op het behalen van de gebruiksdoelen (bijvoorbeeld leerdoelen of AC&D activiteiten).

Zie voor een verdere, meer gedetailleerde, uitwerking van deze specifieke O&T effectiviteitsfactoren Korteling et al (2015) onder de hoofdcategorie Didactiek (en de deelcategorie Speldidactiek).

3.2 Specifiek voor CoVo: missievoorbereiding en operationele beslissingsondersteuning

Commandovoering en communicatie is belangrijk voor defensie. Personeel moet daartoe over goede middelen beschikken. Dit kan worden bewerkstelligd door gebruik te maken van M&S in het toepassingsgebied CoVo waardoor mogelijkheden in de voorbereiding, uitvoering en debriefing van operaties/missies aanzienlijk kunnen worden vergroot (Simulatie Centrum Landoptreden, 2011).

Een commandant kan bij het nemen van moeilijke beslissingen gebruik maken van simulaties, bijvoorbeeld bij de besluitvorming over de te volgen "Course of Action" en de voorbereiding op een komende missie (voor oefenen, mission rehearsal). M&S biedt dan de mogelijkheid om een operatieanalyse te maken door bepaalde scenario's door te laten rekenen of om een beter beeld te krijgen van mogelijke operationele scenario's. Tijdens de besluitvorming kunnen met M&S bijvoorbeeld de verschillende (Enemy) Courses of actions ((E)COA's) worden doorgerekend (wargaming), bijvoorbeeld op trefkans, slijtage of logistieke haalbaarheid. Bij de geïntegreerde operatie analyse (GOA) kunnen de meest waarschijnlijke en meest dreigende ECOA geëvalueerd worden. Simulatie kan ook helpen om het operationeel concept te verduidelijken. Daarbij kan in principe ieders taak en rol worden gevisualiseerd. Door het presenteren van de natuurlijke omgeving en de tactische situatie kunnen, onder veilige omstandigheden, tijd/ruimte factoren en operationele risico's inzichtelijk worden gemaakt. Terreingegevens van het toekomstige operatiegebied (luchtfoto's, grondverkenningen, en GIS-data) kunnen daartoe vrij eenvoudig worden omgezet naar 3D kaarten van missiegebieden. Zo krijgt de commandant de meest actuele informatie van relevante informatiebronnen (bron-data) en ondercommandanten voor het doorrekenen van verschillende opties of concepten.

Op die manier maakt M&S het vanaf groepsniveau (niveau 2) tot en met het brigade niveau (niveau 6) het mogelijk om vooraf beter te plannen, verkenningen te doen, besluiten te nemen, voor te oefenen en plannen fijn te slijpen.

Met behulp van M&S kunnen ook analyses worden gedaan tijdens de uitvoering van missies. Simulaties kunnen de commandant dan helpen om zijn middelen zo goed mogelijk in te zetten voor het beoogde effect. Doordat met behulp van M&S de “situational awareness” toeneemt kan men zich beter mentaal voorbereiden op mogelijke (onverwachte) ontwikkelingen tijdens de missie. Na afloop kan met behulp van simulatie-data inzicht worden verkregen over het verloop van de operatie (betere debriefing). Kortom: operationele mogelijkheden in de besluitvorming, planning, voorbereiding, uitvoering en debriefing van operaties kunnen door inzet van M&S aanzienlijk worden verbeterd.

Specifieke effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen voor het toepassingsgebied CoVo zijn:

- Ter ondersteuning van beslissingen en missievoorbereiding dienen simulatiemiddelen (systemen, geografische kaarten en modellen) beschikbaar te zijn. Deze middelen moeten ook voor het missiegebied beschikbaar zijn. Voorwaarden om hieraan te kunnen voldoen zijn het beschikbaar hebben van o.a. gedigitaliseerde taaklijsten, doctrinemodellen en brondata. Dit kan data van sensoren en wapensystemen zijn maar ook allerlei data van de missieomgeving zelf, inclusief de bevolking. Het verkrijgen van bron-data van fysieke missiegebieden ter ondersteuning van missievoorbereiding gebeurt nu ad-hoc. Gewenst is dat een vergelijkbaar verwervingsproces wordt ingericht als de verwerving van deze brondata voor de overige geografische informatie die nu al gebruikt wordt bij missievoorbereiding en inzet (Defensiestaf, 2015). Meer softe bron-data, zoals data over de bevolking of mogelijke (insurgent) dreiging zal moeten worden verworven vanuit intelligence bronnen, hetzij voorafgaande aan de missie, hetzij in het missiegebied zelf. Dat is niet eenvoudig.
- Voor de uitvoering van scenario's kan het nodig zijn dat simulatiemiddelen interoperabel (koppelbaar) zijn met andere systemen, in het bijzonder met commandovoeringsystemen (C2 systemen). Op basis hiervan kunnen concepten voor zowel organieke als voor samengestelde eenheden worden geëvalueerd. Koppeling met C2 systemen kan de efficiëntie en effectiviteit verhogen omdat realistischer, meer up-to-date data kan worden gebruikt. Koppeling is daarbij geen doel op zich. Daarom dient bij de aanschaf of upgrade van (nieuwe) simulatiemiddelen bepaald te worden of, en welke, mogelijke meerwaarde door koppeling kan worden gerealiseerd. Vervolgens dient op basis hiervan te worden vastgesteld welke interoperabiliteitseisen moeten worden opgenomen.
- Actuele simulatiemiddelen en bron-data moeten snel beschikbaar kunnen komen. Als het samenstellen van deze middelen niet tijdig kan worden gerealiseerd kan dit ten koste gaan van de relevantie van een simulatie.
- Omdat de voorbereiding en uitvoering van missies vaak onder hoge tijdsdruk plaatsvindt zal gebruik van simulatie effectiever zijn als veel varianten snel doorgerekend kunnen worden. Het invoeren van varianten en het analyseren van uitkomsten dient goed te worden ondersteund.
- Aangezien voorspellen van (menselijk) gedrag nog niet goed mogelijk is zal simulatie inzicht in mogelijke onzekerheden/bandbreedtes op die hieruit voortvloeien moeten geven.

- Deze (en eventuele andere) onzekerheden en/of bandbreedtes zullen, om de gebruiker vertrouwen te geven, duidelijk aangegeven moeten worden.
- Ten behoeve van de natuurgetrouwheid moet met de meest recente gegevens gerekend worden en dienen modellen/configuratiegegevens ter plaatse goed aanpasbaar te zijn aan de lokale situatie.
 - Aangezien tijdens operaties ter plaatse vaak te weinig computing power is moeten de simulatiemiddelen de mogelijkheid tot back-office (of reach back) verbinding hebben.
 - Een back-office verbinding ten behoeve van data die niet in het missiegebied beschikbaar is kan de effectiviteit verhogen.
 - De simulatie moet, indien deze voor lage en hoge commandolagen beschikbaar is, een voor de verschillende lagen consistent beeld presenteren.

3.3 Specifiek voor AC&D: analyse, conceptontwikkeling & doctrine

Analyse, conceptontwikkeling & doctrine (AC&D) is een creatief, en vaak iteratief, proces van analyse, ontwerp en beproeving. Het gaat dan bijvoorbeeld om een nieuw concept of een nieuwe doctrine, ontworpen voor het behalen van bepaalde (organisatorische, tactische, strategische of operationele) doelstellingen. Men wil dan meer te weten komen over de mate waarin en de wijze waarop complexe transformaties effect hebben op mensen, systemen en processen.

Gebruik van simulatie bij AC&D activiteiten is enerzijds gericht op bevordering van het creatieve proces van conceptontwikkeling en daarnaast op het ervaren en evalueren van de uitkomsten of consequenties van innovaties. Simulatie vervult daarbij een belangrijke faciliterende rol, enerzijds door processen zoals brainstormen, evaluatie en analyse te stimuleren, anderzijds door tussenresultaten in opeenvolgende stadia uit te proberen en te testen (van der Wiel et al, 2010). Zo kunnen bijvoorbeeld nieuwe concepten voor commandovoering in een AC&D proces in een gesimuleerde omgeving worden ervaren en geëvalueerd voordat die leiden tot substantiële investeringen in tijd en middelen. Simulators maken het daarbij ten opzichte van veldstudies relatief eenvoudig mogelijk om experimentele condities te genereren en aan te passen over een breed gebied. Dit is een belangrijk voordeel in termen van experimenteel ontwerp, experimentele controle en veiligheid.

Door gebruik te maken van simulatie kan in het AC&D proces inzicht worden verkregen in complexe tactische en strategische vragen. Beter begrip van complexe situaties en systemen kan nieuwe en betere oplossingen opleveren die in een grotere context passen. Ook kunnen verschillende handswijzen, tactieken of systemen in een bepaalde context met elkaar worden vergeleken. Een belangrijk voordeel van simulatiemiddelen is daarnaast dat kwantitatieve gegevens kunnen worden verzameld over het mens-machine systeem en over de afwikkeling van scenario's. Dit eenvoudig kunnen registreren en meten van criterium variabelen is een voordeel van simulatoren waarvan goed kan worden (of dient te worden) geprofiteerd. Automatisering ligt daarbij voor de hand, waarbij computer systemen verdere dataverwerking, formatting, data-reductie en -opslag mogelijk maken (Blana, 1996). De kennis en ervaring opgedaan in gesimuleerde en (semi-) operationele omgevingen leidt vervolgens tot onderbouwde, robuuste en uitgeprobeerde oplossingen.

Hiermee wordt zoveel mogelijk voorkomen dat er achteraf gezien toch verkeerde beslissingen blijken te zijn genomen (van der Wiel et al, 2010).

Ook buiten Defensie raken, vanwege het toenemend belang van civiele ontwikkelingen voor het defensiedomein en het meer open karakter van innovatie, steeds meer partijen en individuen betrokken bij de vernieuwing van de krijgsmacht. Dit betekent dat militair-specifieke afhankelijkheden en kwetsbaarheden bij gebruik van civiel ontwikkelde componenten en systemen goed moeten worden beheerst (Ministerie van Defensie, 2016). Door AC&D kunnen in dat geval samenwerkingsvormen, niet alleen in operaties maar in alle bedrijfsprocessen, beter worden uitgetoetst en opgebouwd.

Op basis van bovengenoemde voordelen en mogelijkheden streeft Defensie er dan ook naar de organisatorische inbedding van AC&D te versterken. Daaraan gekoppeld is het streven om meer AC&D-trajecten uit te voeren en waar mogelijk in samenwerking met kennisinstellingen, bedrijfsleven en eindgebruikers (i.e., triple helix-verband, ministerie van Defensie, 2016). Defensie wil hiermee ontwikkelaars en gebruikers bij elkaar brengen ten einde producten en diensten in wording zo veel mogelijk te toetsen aan de operationele praktijk. AC&D kent daarbij vele verschijningsvormen: van workshops met ontwikkelaars en gebruikers, via gestileerde of meer realistische simulaties, tot proeftuinen, 'living labs' en zelfs experimenten op de werkplek, ingebed in de dagelijkse praktijk. AC&D verhoogt de kans op acceptatie en op een goede inbedding van vernieuwende, door de gebruiker gewenste, oplossingen. Deze ontwikkeling zal het innovatieve vermogen van de krijgsmacht kunnen versterken, wat ook door de snelle technologische ontwikkelingen, in combinatie met de steeds verdergaande digitalisering, wordt vereist.

Voorbeelden van issues die zich kunnen lenen voor een AC&D aanpak en waarbij simulaties een essentiële rol kunnen spelen, enerzijds voor het aanwakkeren van de creativiteit en gedachtenvorming en anderzijds voor het ervaren en (zowel kwalitatief als kwantitatief) evalueren van resultaten:

- doctrines testen in een toekomstig onbekend missiegebied,
- nieuwe tactieken, technieken en procedures (TTP's) ontwikkelen en beproeven,
- nieuwe teamconcepten ontwikkelen en het opereren daarvan in wisselende samenstellingen beproeven,
- gebeurtenissen analyseren en daar lessons learned uit formuleren,
- nieuwe soorten conflicten begrijpen en analyseren,
- nationale rampenbestrijdingsplannen ontwikkelen en valideren,
- gebruik van technologische innovaties evalueren en optimaliseren voordat ze zijn geïmplementeerd,
- het vinden van een optimale verdeling van taken over mensen en middelen in een bepaald operationeel scenario,
- vaststellen hoe de krijgsmacht effectief kan optreden in dichtbevolkte gebieden en 'ungoverned spaces' en aan welke eisen de platforms, wapensystemen en commandovoeringsprocessen daarbij moeten voldoen,
- helder krijgen hoe er geopereerd moet gaan worden met nieuw aangeschafte systemen (zoals onbemande vliegtuigen of een nieuw geïntegreerd luchtafweer systeem zoals GBADS) en welke tactieken, technieken en procedures moeten daarbij worden gebruikt of ontwikkeld?

AC&D processen verlopen meestal volgens een aantal stappen. Daartoe heeft TNO een structuur op basis van zes iteratieve Concept Maturity Levels (CMLs) ontwikkeld (van der Wiel et al, 2010). De CML benadering is met name geschikt als de vraagstelling gericht is op conceptontwikkeling, multi-disciplinair is en betrokkenheid van veel verschillende stakeholders vergt. Simulatie kan bij alle CML stappen van betekenis zijn, maar vooral bij de stappen 4 ("Refined Concept") en stap 5 ("Proof of Concept"). Tijdens deze stappen wordt een geselecteerd concept op alle relevante aspecten geëvalueerd en verfijnd en ten slotte gedemonstreerd in een operationeel relevante setting. AC&D analyses kunnen betrekking hebben op uitgevoerde of toekomstige operaties. Zo kunnen uitgevoerde gevechten met behulp van simulatie worden geanalyseerd om hier lessen uit te leren. Daarnaast biedt simulatie het voordeel dat (live)experimenten onder gecontroleerde en instelbare condities uitgevoerd kunnen worden. Er is dan nog steeds personeel en materieel nodig, maar misschien minder en in een andere rol. Samenvattend: M&S maakt AC&D beter mogelijk.

Effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen die specifiek gelden voor het toepassingsgebied AC&D zijn:

- Een belangrijk potentieel voordeel van het gebruik van simulatie bij AC&D is de aanpasbaarheid en flexibiliteit van de simulatieomgeving, zodat deze de gebruiker in staat stelt om relatief makkelijk en flexibel relatief realistische representaties van nieuwe of te onderzoeken concepten te onderzoeken of te evalueren. Om flexibel te kunnen inspelen op nieuwe inzichten, ideeën of concepten die tijdens het AC&D proces kunnen ontstaan dient daarom gezorgd te worden voor een hoge mate van flexibiliteit op het gebied van scenario-ontwikkeling en management.
- In het algemeen geldt dat naarmate het AC&D proces door de verschillende opeenvolgende fases vordert worden de eisen van de natuurgetrouwheid waaraan het simulatiemiddel dient te voldoen toenemen.
- Omdat er een trade-off relatie bestaat tussen enerzijds flexibiliteit (aanpasbaarheid, genericiteit) en anderzijds realisme (fidelity) dient vooraf goed te worden nagedacht over een optimale balans hierin.
- Als een simulatie wordt gebruikt om inzicht te krijgen in of ervaring op te doen met, gedrag en uitkomsten van een complex systeem in de operationele werkelijkheid gelden zeer hoge fidelity eisen (Orladi et al, 1988). Het is van groot belang om bij de interpretatie van uitkomsten van simulatiesessies de mogelijke effecten van beperkte natuurgetrouwheid goed mee te nemen.
- Als een simulatie wordt gebruikt om een zo eenduidig en objectief mogelijk beeld van de gesimuleerde werkelijkheid te krijgen dan dient de simulatie te beschikken over faciliteiten om de relevante indicatoren over de uitwerking van een nieuw concept te meten en te registreren.
- In het algemeen gelden minder hoge fidelity-eisen als de simulatie wordt gebruikt voor het stimuleren en prikkelen van de vorming van nieuwe ideeën of concepten over bijvoorbeeld wijzen van optreden of gebruik van (nieuwe of bestaande) middelen. Daarom moet bij deze vroegere fasen van AC&D relatief veel aandacht worden besteed aan het ontwikkelen van goede (prikkelende) simulatiesessies en het genereren en verzamelen van nuttige en zinvolle informatie op basis hiervan. Er moet dan bijvoorbeeld worden gezorgd voor goede manieren en mogelijkheden om deelnemers en stakeholders te laten reflecteren op de afwikkeling van scenario's.

- Wanneer op basis van simulatie-experimenten verschillende opties moeten worden vergeleken kan dit het beste door combinatie van subjectieve en objectieve (expert- en/of gebruikers) evaluaties en metingen (Korteling, 2015/2016).
- Er is een goede afstemming nodig tussen concept-ontwikkelingsactiviteiten en experimentatie-activiteiten (met behulp van simulatiemiddelen) qua planning, aansluiting, helderheid, communicatie en coördinatie.
- Wanneer op basis van simulatie-experimenten verschillende opties objectief moeten worden vergeleken kan dit het beste door kwantitatieve metingen te doen op cruciale/representatieve variabelen en gedragsindicatoren (bijvoorbeeld aantal hits en/of reactietijden) onder gecontroleerde omstandigheden.
- Omdat de initiële kosten van simulatiemiddelen hoog zijn (Blana, 1996), waardoor deze zich meestal pas door langer gebruik terugverdienen is het bij AC&D trajecten meestal zaak om gebruik te maken van bestaande middelen, c.q. componenten (hergebruik).
- Om nieuwe concepten snel in verschillende omstandigheden te toetsen, kunnen in principe met relatief weinig inspanning allerlei nieuwe scenario's worden gemaakt. Deze scenario's dienen zo veel mogelijk te kunnen worden hergebruikt. Dit betekent dat er een bibliotheek van scenario's moet worden ingericht en beheerd. Dat is geen triviale en eenvoudig te realiseren voorwaarde voor hergebruik. Bovendien is hergebruik soms lastig omdat iedere specifieke AC&D vraag ook weer specifieke eisen kan stellen aan een scenario, hetgeen weer aanpassing daarvan vergt, bijvoorbeeld met betrekking tot het gedrag en de kenmerken van deelnemers en doelgroep.
- Voor de uitvoering van scenario's is het in veel gevallen randvoorwaardelijk dat simulaties koppelbaar zijn met andere systemen, zoals andere simulatie-, en C2-systemen. Hierdoor kunnen nieuwe concepten voor zowel organieke als voor samengestelde eenheden worden geëvalueerd.
- Ondanks dat het koppelen van simulatiesystemen geen doel op zich is, dient bij de aanschaf of upgrade van (nieuwe) simulatiemiddelen bepaald te worden of en welke interoperabiliteitseisen tijdens de verwerving moeten worden opgenomen.

3.4 Specifiek voor SBA: materieelontwikkeling en -verwerving.

De NATO Modeling & Simulation Task Group 003 definieert Simulation Based Acquisition (SBA) als een methodologie voor het ondersteunen van het gehele acquisitie proces (Task Group MSG-003, 2003).

Het gaat bij SBA meestal om het nemen van beslissingen bij de verwerving van complexe systemen. Beslissingen die in principe betrekking hebben op "What to buy?" and "How to do that?" (Sanders, 1997). Moderne technologische systemen worden steeds meer geïntegreerd ontwikkeld en ingezet. Daarom kan het voor defensie verstandig zijn te streven naar een gezamenlijke simulatie infrastructuur die het mogelijk maakt om meerdere verwervingsfasen en programma's af te dekken. Op basis van systeemanalyses kunnen interoperabiliteitseisen worden geverifieerd (Simulatiecentrum landoptreden, 2011).

De belangrijkste doelstellingen van Simulation Based Acquisition zijn:

- Beperken van tijd, middelen, en risico verbonden aan het acquisitieproces.
- Het verhogen van de kwaliteit, militair nut en onderhoudbaarheid van ontwikkelde en ingezette systemen.
- Het mogelijk maken van geïntegreerd productie en procesontwerp (Integrated Production and Process Design, IPPD) op basis van van systeemeisen en initiële concepten d.m.v. test, bouw en veldproeven.

SBA bestaat uit verschillende fasen, beginnend bij het identificeren en specificeren van eisen en demonstratie, gevolgd door evaluatie, bouw, in-service support, en uitfasering. Een belangrijk voordeel is de mogelijkheid om door middel van M&S een kunstmatige maar realistische omgeving te creëren waarbinnen een nieuw systeem functioneert. Door M&S in te zetten bij materieelverwerving kan tijd en geld worden bespaard. Niet alleen de initiële aanschafkosten maar vooral de exploitatiekosten van deze systemen gedurende de levensduur (Life Cycle Cost) bepalen samen met de verwachte prestaties de keuze voor aanschaf. Met behulp van M&S worden hiervoor in een vroeg stadium simulaties ontwikkeld die inzicht verschaffen in de life cycle kosten van verschillende alternatieven, de risico's en de verwachte systeemprestaties in verschillende scenario's. Naast tijd en geld zijn de kwaliteit van operationele systemen en risicomanagement belangrijke redenen om SBA toe te passen. Hierdoor speelt SBA een steeds grotere rol binnen verwerving van complexe militaire systemen. De producten die in deze fase beschikbaar komen wil Defensie ook benutten bij de andere toepassingsgebieden van simulatie, zoals O&T.

Voor de ondersteuning van acquisitieprocessen voor complexe geïntegreerde systemen zou een echte omgeving in principe de voorkeur verdienen. Echter, vaak zijn deze omgevingen eenvoudigweg niet beschikbaar of realiseerbaar (bijvoorbeeld full-scale battlespace). Computersimulaties van systemen zijn doorgaans veel eenvoudiger te realiseren dan fysieke prototypes. Door alternatieve opties of prototypes in (realistische) virtuele omgevingen te testen kan inzicht worden verkregen in de operationele bruikbaarheid van een systeem binnen de context waarin het moet worden ingezet. Daardoor kunnen eisen vanuit Defensie eerder worden geverifieerd en kunnen gebreken in offertes of opleveringen eerder worden onderkend. De specificatie van nieuwe, complexe producten kan zo in een vroege fase worden geoptimaliseerd waardoor verwervingsrisico's afnemen.

SBA kan over het gehele verwervingsproces worden gebruikt maar zal doorgaans het meeste opleveren als de technieken vroeg in de "concept" fase worden toegepast. SBA vereist het consistente en samenhangende gebruik van modellen, simulaties en synthetische omgevingen. Spiraalsgewijze ontwikkeling binnen het SBA proces levert een steeds gedetailleerder en genuanceerder beeld op van benodigde systeemkenmerken. De gehele *life cycle* van het product zou bij iedere iteratie van het verwervingsproces moeten worden gesimuleerd en alle aspecten van de life-cycle verdienen daarbij aandacht. Dit geldt ook voor zgn. "verborgen" elementen zoals training, doctrine en inzet.

Effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen die specifiek gelden voor het toepassingsgebied SBA betreffen globaal:

- In het algemeen is het van groot belang voor het slagen van SBA dat de huidige status van technologieën en hun toepassing en technologische, economische en organisatorische aspecten van mogelijke oplossingen op tijd worden geadresseerd. Alle relevante aspecten moeten in een vroegtijdig stadium worden meegenomen.
- V&V moet worden beschouwd als een integraal en essentieel onderdeel van de ontwikkeling en toepassing van simulatiemodellen en simulatoren. Daarom is het voor SBA allereerst van groot belang dat er een geschikt generiek en gestandaardiseerd procesmodel is voor de ontwikkeling en toepassing van SBA. Dit is een procedurele reeks van stappen die beschrijven welke activiteiten er nodig zijn om een valide (“credible”) simulatie te realiseren voor het betreffende SBA doel (Task Group MSG-003, 2003).
- Verder is een cultuuromslag van belang, gericht op samenwerking, federatie-ontwikkeling en interoperabiliteit. Daarbij dient te worden gestreefd naar een universeel VV&A proces voor nieuwe of bestaande simulatiemodellen die SBA ondersteunen (incl. budget reserveringen) voor model licenties, tool sets voor het herbruikbaar maken van legacy modellen, HLA compliant maken, promotie van interoperabiliteit en vertrouwen in een nieuwe SBA cultuur en de realisatie van verbindingen met hoge bandbreedte tussen stakeholders.
- Fabrikanten, die zelf ook vaak modellen van hun producten maken, zouden deze modellen kosteloos ter beschikking moeten stellen voor SBA doeleinden⁶. Die modellen moeten dan wel interoperabel zijn met de overige simulaties die bij SBA worden gebruikt.
- Voor het nemen van de juiste beslissingen op basis van simulatie data is het nodig om middelen en methoden te ontwikkelen voor het ondersteunen van de besluitvorming bij de verschillende fasen van het SBA proces.
- SBA maakt het mogelijk om te besparen op allerlei materiele kosten (enigszins vergelijkbaar met de praktische effectiviteitsfactoren), zoals systemen, brandstof en objecten die nodig zijn om de juiste testomgeving te creëren en om testsituaties te doorlopen.
- SBA maakt het mogelijk om sneller en flexibeler verschillende systeem-configuraties met elkaar te vergelijken.
- SBA kan een belangrijk middel zijn om risico's te beheersen en afwegingen te maken ten aanzien van de consequenties van kostenbesparende maatregelen, of de mogelijke meerwaarde van extra investeringen van extra uitgaven (Task Group MSG-003, 2003).
- Doordat SBA per definitie gebaseerd is op modellering kunnen SBA gebaseerde testresultaten en evaluaties soms tot een beter inzicht in de onderliggende (mathematische) structuur van een systeem leiden.

Als met bovenstaande effectiviteitsfactoren rekening kan worden gehouden dan kan SBA leiden tot snellere oplevering van producten en systemen, materieel dat meer compliant is met de operationele eisen, betere onderhoudbaarheid en kostenbesparingen gedurende de life cycle, minder belasting voor milieu, en uiteindelijk een betere operationele inzetbaarheid (Task Group MSG-003, 2003).

⁶ Na de SBA periode moeten deze natuurlijk weer worden vernietigd, terug gegeven of op een andere manier stoppen met werken (dongle).

4 Generieke effectiviteitsfactoren

Naast de hierboven globaal beschreven effectiviteitsfactoren per toepassingsgebied geeft Bijlage A een overzicht van de effectiviteitsfactoren zoals die over toepassingsgebieden heen gelden. Het overzicht is verdeeld in de hoofdcategorieën: praktische factoren, motivatie en spel, natuurgetrouwheid en organisatie. Hieronder volgt een korte bespreking van deze categorieën.

4.1 Praktische effectiviteitsfactoren

Voor ieder toepassingsgebied geldt dat simulatiemiddelen een realistische, veilige, beheersbare, effectieve en veelal goedkopere⁷ omgeving bieden. Situaties kunnen worden gecreëerd die in werkelijkheid niet, of te weinig, te realiseren zijn vanwege veiligheid, milieu- en vredesbeperkingen en vanwege de grote organisatorische inspanning die dat met zich mee brengt. M&S biedt een alternatief voor de beperking in tijd, financiële middelen en schaarste in ruimte. Werken met simulatoren kan een oplossing bieden voor de nadelen die vaak inherent zijn aan andere vormen, zoals de logistieke inspanningen en reistijd die nodig zijn bij oefeningen of experimenten te velde. Als zulke factoren met bestaande middelen een belangrijke rol spelen, dan kan gebruik van simulatiemiddelen efficiënt zijn.

Bij een beperkt budget, wat normaliter het geval is, zullen dergelijke efficiëntiebevorderende mogelijkheden de uiteindelijke effectiviteit van simulatiemiddelen fors kunnen doen toenemen.

4.2 Motivatie en spel

Gaming is een bijzondere vorm van simulatie. Het zou ook gezien kunnen worden als een combinatie, of mix, van simulatie en spel. Het spelmatige karakter ervan kan zinvol zijn om bijvoorbeeld te motiveren of de fantasie te prikkelen. Computergames zijn in vrij korte tijd voor diverse serieuze toepassingen een populair middel geworden, met name voor O&T doelstellingen. Daar zijn een aantal redenen voor. Ten eerste genieten computerspellen een grote populariteit onder diverse doelgroepen. Ten tweede zijn games wijd verspreid. Hoewel het aantal spellen enorm groot is, heeft de militaire wereld zich weten te concentreren op een beperkt aantal games, met VBS waarschijnlijk als de belangrijkste. De brede acceptatie van dat spel heeft de kansen op gebruik vergroot. Ten derde zijn de kosten voor (off-the-shelf) games relatief laag. Deze overwegingen leiden er toe dat organisaties snel aan games denken als een mogelijkheid om bepaalde problemen aan te pakken.

Het grote voordeel van games is dat ze prikkelend, leuk, spannend en uitdagend kunnen zijn zodat de gebruiker (leerling, analist, bevelhebber) wordt gemotiveerd het middel toe te passen. Dit aanwakkeren van het gebruik wordt mogelijk gemaakt door een evenwichtige inbreng van narratieve elementen, esthetische elementen, en spel-dynamische interactiemogelijkheden. Denk daarbij aan boeiende verhaallijnen, aantrekkelijke video en audio, beloning en competitie.

⁷ M&S is relatief duur in de initiële aanschaf. De te behalen winst wordt gerealiseerd in de exploitatiefase.

De gedachte daarbij is dat het verhogen van de betrokkenheid van de speler en het verhogen van diens motivatie om het spel te blijven spelen leidt tot een hogere bereidheid en drempelverlaging voor het gebruik van M&S en tot een hogere effectiviteit van sessies (bijvoorbeeld Korteling et al., 2013).

Educatieve gaming is door de bewuste toevoeging van spelelementen, in principe een complexe vorm van simulatie (Korteling & van den Bosch, 2015a)⁸. Dit gegeven maakt games niet voor alle (soorten en omstandigheden van) opleidingen en trainingen de meest geschikte leeroplossing. Voor sommige vraagstukken kan gaming optimaal zijn; voor andere vraagstukken is juist “conventionele” simulatie de beste aanpak. Bij het maken van een keuze spelen verschillende factoren een rol. Als deze factoren niet goed worden afgewogen en de keuze te snel wordt gemaakt kan dit leiden tot een suboptimale leeroplossing. Om de keuze tussen gaming en conventionele simulatie te ondersteunen is daarom voor het toepassingsgebied O&T een hulpmiddel ontwikkeld, de CoSi Checklist (Korteling & van den Bosch, 2015b).

4.3 Natuurgetrouwheid

Naast bovenstaande generieke praktische voordelen zijn er ook een aantal randvoorwaarden die, als daar niet aan wordt voldaan, een beperking van simulatiemiddelen kunnen betekenen. Een eerste belangrijke randvoorwaarde van simulatie betreft de *natuurgetrouwheid* (of fidelity), dat is de mate van overeenkomst met de echte operationele omgeving. Defensie streeft naar een hoge mate van inzetgereedheid. Dit betekent zo realistisch mogelijk oefenen. Beelden, geluiden, geur, vermoeidheid, temperatuur zijn aspecten die als modellen in simulaties gebruikt kunnen worden. Modellen zijn altijd simplificaties vanuit de echte wereld. Als modellen erg gaan afwijken van de realiteit kan het voorkomen dat er sprake is van een negatieve effecten zoals negatieve transfer of training of onjuiste conclusies op basis van een AC&D studie. Natuurgetrouwheid varieert van een hoge mate van overeenkomst met de echte taakomgeving (ook wel “high-fidelity” genoemd) naar een lage mate van overeenkomst (“low-fidelity”). Die mate van overeenkomst wordt globaal vaak vanuit drie invalshoeken bekeken, namelijk fysiek (physical fidelity), functioneel (gedragmatig, functional fidelity) en psychologisch (psychological fidelity). Deze aspecten van natuurgetrouwheid zijn in de praktijk vrij sterk gecorreleerd, maar het hoeft niet persé (e.g., Alexander et al, 2005).

4.3.1 Fysieke natuurgetrouwheid

De term *fysieke natuurgetrouwheid* betreft de gelijkenis tussen de simulatie en de werkelijkheid met betrekking tot de fysieke kenmerken van het systeem en de taakomgeving. Het gaat hierbij *zowel* om uiterlijke kenmerken, *als* om de interne (gedrags)modellen van systemen of omgeving (bijvoorbeeld het wiskundige 3D model van een voertuig of de kenmerken en het gedrag van gemodelleerde systemen).

⁸ Gaming kan hogere eisen stellen aan de techniek, aan de capaciteiten van instructeurs (lesgeven en AAR met games vergt een eigen aanpak) en aan de leeromgeving (vaak zijn rollenspelers nodig om gewenst spelverloop te bewerkstelligen).

Worden objecten bijvoorbeeld met correcte texturen, kleuren, vormen en afmetingen gerepresenteerd, zijn de bedieningsmiddelen en andere interfaces hetzelfde als in werkelijkheid, is het geluid waarheidsgetrouw en/of wordt de buitenwereld compleet en gedetailleerd of juist gedeeltelijk of schematisch weergegeven?

4.3.2 *Functionele natuurgetrouwheid*

Functionele natuurgetrouwheid geeft aan in hoeverre de taak in de simulatie op dezelfde wijze kan worden uitgevoerd als in de werkelijkheid. Veel van wat gebeurt in een simulator verloopt als reactie op de activiteiten van de mens (operator, gebruiker, participant) in de simulatie, en vice versa. Deze interactie moet in een functioneel natuurgetrouwe simulator net zoals in werkelijkheid verlopen (Allen et al, 1986). Andersom, gedraagt en handelt de mens in een functioneel natuurgetrouwe simulator zich, onder gelijksoortige omstandigheden, zoals in het werkelijke systeem (Alexander et al., 2005; Korteling en van Randwijck, 1991 Moraal & Poll, 1979; Visschedijk & van der Hulst, 2013). Op basis van deze zgn. "gedragsovereenkomst" kan de mate van functionele natuurgetrouwheid worden vastgesteld.

4.3.3 *Psychologische natuurgetrouwheid*

Psychologische natuurgetrouwheid betekent dat het simulatiemiddel ervoor zorgt dat psychologische fenomenen goed worden gerepliceerd, oftewel de gebruiker of leerling ervaart de simulatie op dezelfde manier ervaart als in werkelijkheid. Daarbij kan worden gedacht aan zaken als: stress, (fysieke en mentale) inspanning, werklast, plezier of betrokkenheid (Kaiser & Schroeder, 2003). Deze "ervaringsovereenkomst" is vooral bij de meer geavanceerde O&T van belang, maar kan soms ook belangrijk zijn in AC&D of SBA trajecten. Een variant van psychologische natuurgetrouwheid is de zgn. face validity (Cronbach, 1960). Dit heeft betrekking op de oppervlakkige uiterlijke gelijkheid van de simulatie met de werkelijkheid in de ogen van de gebruiker. De face validity is vooral van belang voor de geloofwaardigheid van het systeem voor gebruikers. Deze "appeal to the layman" (Cronbach, 1960) kan heel relevant zijn omdat het vertrouwen of de verwachtingen van gebruikers omtrent de kwaliteit van een middel doorslaggevend kan zijn voor de wens of motivatie om het systeem naar waarde, en op de juiste manier, te gebruiken. Ondanks het uitgebreide track record van Defensie op het gebied van M&S, spelen persoonlijke opvattingen, verwachtingen en vooroordelen over simulatoren nog steeds een belangrijke rol (Korteling et al, 2015).

De hierboven besproken vormen van natuurgetrouwheid staan niet volledig op zichzelf. Psychologische natuurgetrouwheid is bijvoorbeeld voor een belangrijk deel het directe gevolg van de mate van volledigheid en juistheid (correctheid) van de fysieke en functionele natuurgetrouwheid.

4.3.4 *Algemeen*

Voor alle drie vormen van natuurgetrouwheid geldt dat deze door een groot aantal verschillende aspecten worden bepaald. Daarmee verloopt de overgang van hoge naar lage natuurgetrouwheid heel geleidelijk en zijn er vele variaties en combinaties van deels hoge en deels lagere vormen van natuurgetrouwheid mogelijk. Daardoor is het niet goed mogelijk om een goed gedefinieerde categorisering van verschillende niveaus van natuurgetrouwheid te construeren.

Om toch wat te kunnen zeggen over de mate van natuurgetrouwheid van een simulator wordt vaak de onderverdeling: high-fidelity, medium fidelity en low-fidelity gebruikt (bijvoorbeeld Korteling, Oprins & Coetsier, 2014).

Zowel de functionele, fysieke, als psychologische natuurgetrouwheid van de simulatie hangen volledig af van de toepassing. De doelen van de toepassing zijn daarbij leidend (*fit for purpose*). De mate waarin de simulatie geschikt is om de gestelde doelen waarvoor hij wordt gebruikt te behalen wordt gevat onder het begrip "*validiteit*". Bij mooie, realistische uitziende simulaties (fysieke natuurgetrouwheid, psychologische natuurgetrouwheid) kan er een vals vertrouwen ontstaan, waarbij personeel er (collectief) te veel op gaat vertrouwen dat dit de werkelijkheid is. Dit vormt vooral een potentieel risico als de onderliggende functionele natuurgetrouwheid substantieel van de werkelijkheid afwijkt.

Door een hoge functionele- en psychologische natuurgetrouwheid kunnen, ook als er grote verschillen zijn tussen de simulatie en de echte omgevingen, eenvoudige simulatiemiddelen toch voor veel toepassingen geschikt zijn. Hoge fysieke natuurgetrouwheid is doorgaans vooral vereist voor systemen waarbij perceptief-motorische taken moeten worden uitgevoerd, waarbij waarneming, motoriek en bediening voorop staan. Het belang van fysieke natuurgetrouwheid is nog groter als gevorderden er mee moeten werken, bijvoorbeeld bij conversietraining op individueel niveau. Daarentegen kan een vereenvoudigde (en dus minder natuurgetrouwe) bedieningsomgeving al voldoende zijn om kennis te maken met een nieuw systeem of een nieuwe manier van werken (bijvoorbeeld het bedienen van een niet-type-specifieke radar). Het belang van natuurgetrouwheid wordt ook groter naarmate de simulatie er voor is bedoeld om een groter deel van de praktijksituatie (bijvoorbeeld in een experiment of leertraject) te vervangen.

4.4 Organisatie

4.4.1 Algemeen

Het ontwikkelen, verwerven en onderhouden van M&S middelen kost tijd en geld. De kosten (verwerving van M&S) komen voor de baten (M&S levert meerwaarde in exploitatiefase). Tijd, financiën en kwaliteit moeten in verhouding staan met de verwachte opbrengst en in relatie met alternatieven. Dit is niet alleen een kwestie van het verwerven van goede simulatiemiddelen, maar vooral ook een zaak van implementatie, ondersteuning en organisatie. Dat geldt zeker voor technisch hoogwaardige of complexe systemen, als een simulatiemiddelen. Deze kunnen meestal niet geïsoleerd, zonder rekening te houden met contextuele factoren, worden ingezet en onderhouden.

Of toepassing van simulatie al of niet effectief is hangt dus in belangrijke mate mede af van de adequaatheid waarmee de organisatie is ingericht teneinde dit als proces goed te laten verlopen. Daarbij kan worden gedacht aan zaken als: ondersteuning, beheer, inpassing en borging van het simulatiemiddel; acceptatie en kennis en vaardigheden van het personeel; beschikbaarheid, bezettingsgraad, technische stabiliteit en voorwaarden voor standaardisering, familievorming, interoperabiliteit en hergebruik, als dat nodig is. Daarom vormt, voor effectieve M&S, de hoofdcategorie organisatie, naast natuurgetrouwheid, een belangrijke randvoorwaarde.

4.4.2 *Overkoepelend beleid*

Een belangrijk aspect, wat dit betreft, is de wijze waarop de organisatie een overkoepelende visie met aansluitend beleid uitdraagt die het gebruik van simulatiemiddelen duidelijk en onomwonden ondersteunt. Het kan daarbij in sommige gevallen zelfs nodig zijn om M&S gebruik, of bepaalde onderdelen daarvan, bindend voor te schrijven. Dit maakt gebruik van simulatiemiddelen, bijvoorbeeld voor trainingsdoeleinden of voor het “doorrekenen” van bepaalde gevechtsoperaties, minder vrijblijvend dan nu veelal het geval is. Daarnaast dient altijd goed te worden nagedacht over de manier waarop het gebruik van M&S middelen kan worden gecombineerd: met andere, bestaande, middelen. Soms kan een simulatie geheel *stand-alone* en onafhankelijk van andere middelen ingezet worden, maar vaak vormt het onderdeel van een groter geheel, bijvoorbeeld voor het trainen van meerdere taken op verschillende niveaus. Effectieve inzet wordt dan ingewikkelder naarmate er meer verschillende mogelijkheden zijn om een simulatiemiddel in te zetten. In die gevallen is het dus belangrijk om dit grondig en systematisch aan te pakken (van Emmerik & Korteling, 2013).

4.4.3 *Familievorming*

Om aan te sluiten bij andere middelen in een organisatie moet goed nagedacht worden over de mogelijkheden en de plaats van een simulatiemiddel in de organisatie. Belangrijk onderdeel van dit proces is *familievorming* (Sluimer et al, 2004). Dit omvat *hergebruik*, *modulariteit* en vergroting van interne en externe *interoperabiliteit*. Eén en ander veronderstelt dat wordt aangesloten bij internationale standaarden en technologische ontwikkelingen, die elkaar in hoog tempo opvolgen. Dat is een moeilijk en complex proces, bijvoorbeeld omdat dit niet altijd strookt met commerciële belangen van de industrie. Met *hergebruik* van systeemcomponenten wordt bedoeld dat een module of simulator in een andere simulator of simulatieomgeving gebruikt kan worden. Hergebruik van (delen van) een simulator bespaart kosten en versterkt de familievorming doordat het zorgt voor bekendheid en herkenbaarheid binnen de ‘familie van simulatoren’. Om delen van een simulator te kunnen hergebruiken is het noodzakelijk dat het domein waarbinnen hij gebruikt kan worden eenduidig is vastgelegd (Balci, Arthur & Nance, 2008; Barholet et al., 2004; Langeslag, Gouweleeuw & Fiebelkorn, 2002). *Modulariteit* is de mogelijkheid om een model of simulatie op te splitsen in componenten die onderling te koppelen zijn en die relatief eenvoudig vervangen kunnen worden. Het gaat hierbij dus om intern koppelen. Voordeel hiervan is dat upgraden en updaten van een simulator eenvoudiger en goedkoper wordt. Tevens kunnen modules uit de ene simulator worden hergebruikt in een andere simulator (zie hergebruik). *Interoperabiliteit* is de mogelijkheid van een model, simulatie of operationeel systeem om services te geven en accepteren van andere modellen, simulaties, of operationele systemen en om de op deze manier uitgewisselde services zo te gebruiken dat ze effectief gezamenlijk kunnen opereren. Interoperabiliteit betreft dus het maken van externe koppelingen. Het koppelen van verschillende modules tot een complete simulator moet gebeuren via een interface. Binnen een ‘familie’ zal een dergelijke interface *gestandaardiseerd* moeten zijn. Dit kan bijvoorbeeld worden gestimuleerd door dit op te nemen in de verwervingsrichtlijnen van Defensie.

Draagvlak en bedrijfscultuur

Het is altijd van groot belang om functionarissen, zoals instructeurs, analisten, commandanten en ondersteunend personeel, goed in te voeren en voor te bereiden op de komst, c.q. het gebruik van simulatiemiddelen (Blana 1996; Farmer et al. 1999). Een voor de organisatie belangrijk effectiviteit-bepalend aspect is face-validity (zie vorige paragraaf). Een lage face validity leidt tot scepsis en een beperkte acceptatie en zal het rendement drukken. Ook dient bij introductie van M&S middelen rekening te worden gehouden met de bedrijfscultuur. Een leuze als 'train as you fight' zou bijvoorbeeld kunnen leiden tot een onderscheid tussen groepen militairen die nog met het echte wapen en scherpe munitie zijn opgeleid en degenen die 'nog nooit kruitdampen geroken hebben' (van Emmerik & Korteling, 2013). In alle lagen van de organisatie moet het in ieder geval duidelijk zijn dat simulatie belangrijke voordelen heeft voor de efficiëntie en effectiviteit van processen, ook al is het soms wat minder "echt". Dit soort algemene kennis zou standaard in opleidingen, zoals MDV en HDV zou moeten worden opgenomen.

Personeel

Idealiter worden de medewerkers zelfs al in een vroeg stadium betrokken in het verwervingstraject van een M&S omgeving. Hierbij hoort niet alleen het uitvoeren van inspraak maar ook het opleiden van de gebruiker en het vernieuwen van de kennis op vakinhoudelijk gebied. Mensen vinden het in het algemeen moeilijk om buiten de bekende kaders te denken. Wanneer je een instructeur vraagt naar zijn behoefte bij het specificeren of aanschaffen van een nieuw trainingssysteem zal deze dan ook meestal reageren vanuit de mogelijkheden en beperkingen van het bestaande systeem. Ditzelfde geldt voor de ontwikkelaars. In het algemeen dient al het betrokken personeel goed op de hoogte te zijn van de beschikbaarheid en inzetmogelijkheden van de bestaande simulatiemiddelen. Verder is het voor hun werk van belang te weten wat in het algemeen de mogelijkheden en beperkingen van M&S omgevingen zijn. Gebruikers zullen getraind moeten worden om hiermee goed om te gaan.

5 Conclusies en discussie

Inzet van M&S verhoogt niet alleen in potentie de effectiviteit en efficiency van O&T processen. Het kan tevens een belangrijke toegevoegde waarde vervullen bij de voorbereiding en ondersteuning van missies (CoVo), analyse, concept- en doctrineontwikkeling (AC&D) en bij de specificatie en verwerving van (nieuw) materieel (SBA). Gebruik van M&S voor deze gebieden kan nieuwe mogelijkheden creëren, risico's reduceren en besparingen opleveren. Het kan daarmee belangrijke waarde toevoegen aan het gereedstellingsproces en inzet van eenheden.

In hoeverre deze meerwaarde van M&S tot zijn recht komt en M&S dus werkelijk effectief is, wordt bepaald door een groot aantal factoren, de zgn. *Effectiviteitsfactoren*. Deze kunnen als ze goed worden gebruikt een positieve bijdrage leveren, maar zich ook als *show stopper* ontpoppen als ze worden genegeerd. Effectiviteitsfactoren spelen altijd een belangrijke rol; dat geldt voor de specificatie, bij de verwerving en tijdens het gebruik van simulatoren. Bij al deze fases moet zoveel mogelijk worden geprofiteerd van de potentiële voordelen van simulatie en moeten de mogelijke nadelen zoveel mogelijk worden beperkt. Zo kan kennis van de effectiviteitsfactoren behoeftestellers helpen bij het onderbouwen en nemen van beslissingen over de verwerving en inzet van simulatiemiddelen.

De belangrijkste conclusie van dit rapport is dat een substantieel deel van de effectiviteitsfactoren die oorspronkelijk voor de toepassing O&T zijn opgesteld, ook gebruikt kunnen worden bij andere toepassingen van simulatiemiddelen. Deze factoren zijn dus niet alleen essentieel voor het realiseren van meerwaarde op het gebied van simulatie-ondersteuning van O&T, maar ook voor CoVo, AC&D SBA. Bijlage A geeft het complete overzicht van deze effectiviteitsfactoren, uitgesplitst in de categorieën "praktische voordelen", "motivatie", "natuurgetrouwheid en organisatie". De specifieke didactische effectiviteitsfactoren komen in deze lijst niet terug omdat deze alleen van toepassing zijn voor het toepassingsgebied O&T.

Met betrekking tot de inventarisatie en formulering van effectiviteitsfactoren voor alle toepassingsgebieden hebben we nu het volgende beschikbaar:

- 1 De eerder gepubliceerde lijst van effectiviteitsfactoren voor O&T (Korteling van den Bosch & van der Pal, 2014).
- 2 De specifieke effectiviteitsfactoren van de andere drie toepassingsgebieden (besproken in Hoofdstuk 3).
- 3 De generieke effectiviteitsfactoren (zoals besproken in Hoofdstuk 4 en uitgewerkt in Bijlage A van dit rapport).

Hiermee is een compleet overzicht samengesteld van generieke en specifieke effectiviteitsfactoren voor alle onderscheiden toepassingsgebieden van simulatie. Hierbij dient te worden opgemerkt dat dit niet betekent dat alle toepassingsgebieden even (technisch) volwassen zijn. In het algemeen geldt dat er op het gebied van O&T met behulp van simulatie al snel, op basis van de praktische en didactische effectiviteitsfactoren, veel voordelen te behalen zijn zonder dat volledige natuurgetrouwheid nodig is.

Bij andere toepassingen, zoals CoVo of SBA, daarentegen, is een hoge mate van natuurgetrouwheid van een simulatie meestal nodig. Als een simulatie een te laag niveau van natuurgetrouwheid heeft voor deze toepassing, dan kan dat leiden tot onjuiste beslissingen, met soms verreikende consequenties. Een ander voorbeeld van een toepassing waarbij de natuurgetrouwheid van een simulator een kritische factor is, is de real-time ondersteuning van besluitvorming tijdens operaties. Als de onderliggende modellen over menselijk gedrag niet valide genoeg zijn, dan kunnen de daaruit voortkomende foutieve predicties van een simulatie tot ernstige gevolgen leiden (van den Bosch & Korteling, 2017).

Hoe kan Defensie nu goed van deze kennis gebruik maken? Bij een verwervings-traject voor een simulator voor het toepassingsgebied O&T moeten als eerste natuurlijk goed alle (generieke en specifieke) effectiviteitsfactoren voor O&T in aanmerking worden genomen (zie Korteling et al, 2014). Voor iedere generieke of specifieke effectiviteitsfactor moet worden gekeken op welke manieren, of waardoor, simulatiemiddelen voor O&T meerwaarde kunnen bieden boven conventionele middelen, én aan welke eisen moet worden voldaan om ze ook daadwerkelijk effectief te kunnen inzetten.

Als van tevoren bepaald is dat een simulatiemiddel niet alleen voor O&T, maar ook voor één of meer andere toepassingen geschikt moet zijn, dan moet dit altijd duidelijk en expliciet in de behoeftestelling en verwerving meegenomen worden. In dat geval gelden namelijk, naast bovengenoemde effectiviteitsfactoren voor O&T, ook nog andere effectiviteitsfactoren die specifiek gelden voor die betreffende toepassingen. Deze zijn in hoofdstuk drie van dit rapport beschreven. Ook voor deze toepassingsgebied-specifieke effectiviteitsfactoren moet naar mogelijke meerwaarde en effectiviteits-eisen worden gekeken.

Ook als men van een O&T simulatiemiddel dat reeds in gebruik is, achteraf wil bepalen of het ook geschikt is voor een andere toepassing, dan kunnen de specifieke effectiviteitsfactoren worden gebruikt om dit te achterhalen. In dat geval wordt voor iedere specifieke effectiviteitsfactor van de betreffende toepassing geanalyseerd in hoeverre het simulatiemiddel hier geschikt voor is. Er bestaan legio voorbeelden van simulatiemiddelen die oorspronkelijk ontwikkeld zijn voor een O&T toepassing, maar die ook voor andere toepassingen zouden kunnen worden ingezet. Zo bieden TACTIS, Steel Beasts en VBS goede mogelijkheden om door middel van AC&D (meerdere) concepten, werkwijzen, en/of organisatievormen uit te proberen. Voorbeelden van zulke gewijzigde toepassingen zijn: het uitproberen van schietprocedures doctrine CV90 en/of het uitproberen van doctrine AT-peloton (MRAT). Daarnaast kunnen Steel Beasts en/of VBS worden gebruikt ten behoeve van CoVo, i.e., het voorbereiden van missiespecifieke acties met geo-typische en geo-specifieke databases en/of het ondersteunen van operationele besluitvorming, commandovoering. Een ander voorbeeld is dat VBS, of een andere gelijksoortige COTS game, gebruikt zou kunnen worden in AC&D voor analyse van politieoptreden (POM), civiel militaire samenwerking, ICMS-CBRN en/of C-IED. Koppeling van de Command Staff Trainer (CST) met MCTC en/of TACTIS is ook een mogelijkheid om het toepassingsbereik van (O&T) simulatie te vergroten. Dit kan een harde technische koppeling zijn, maar ook een uitwisseling van scenario' of een scenario op verschillende niveaus uitspelen. Bij CST, TACTIS wordt dit deels al gedaan met "TRUTTA" (Korteling, Oprins & Coetsier, 2015).

Wanneer geconcludeerd wordt dat een bepaald simulatiemiddel ook voor andere doelen gebruikt zou moeten en kunnen worden, dan moet er overwogen worden om deze behoefte te vertalen in extra capaciteit. Daarbij dient dan tevens rekening te worden gehouden met effectiviteitsfactoren die specifiek voor die andere toepassingen gelden.

6 Referenties

- AC/323/NMSG-015 (2012). *NATO Modelling & Simulation Master Plan*, version 2.0.
- Alexander, A.L., Brunye, T., Sidman, J., Weil, S.A. (2005). *From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-in and Their Effects on Transfer in PC-Based Simulations and Games*. DARWARS Training Impact Group.
- Australian Defence Simulation Office (2005). *Introduction to Simulation Guide*.
<http://govtree.io/search?collection=&slug=&q=introduction+to+simulation+guide>
- Balci, O., Arthur, J.D. & Nance, R.E. (2008). Accomplishing reuse with a simulation conceptual model. In: Mason, S.J., Hill, R.R., Mönch, L., Rose, O., Jefferson, T., Fowler, J.W. (Eds). *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*. Pp 959-965.
- Bartholet, R.G., Brogan, D.C., Reynolds, P.F. Jr. & Carnahan, J.C. (2004). In search of the philosopher's stone: simulation composability versus component-based software design. In: *Proceedings of the 2004 Fall Simulation Interoperability Workshop*. Orlando, FL.
- Blana, E. (1996). *A survey of driving research simulators around the world*. Leeds, UK: Institute of transportation research.
- Bosch, K. van den & Korteling (2017). *Validating Models of Human Behavior*. Soesterberg: Rapport TNO 2016 R11848. Soesterberg: TNO Earth, Life & Social Sciences.
- Bosch, K. van den, van der Pal, J., Korteling, J.E., Voogd, J. (2014). *Simulator-effectiviteit Workshop 2: Use-cases, stellingen en ondersteuningsconcept*. Rapport TNO 2014 M11660. Soesterberg. TNO Behavioral & Societal Sciences.
- Defensiestaf/Dir Plannen/IV&C4I (2015). *Defensie Simulatie Richtlijnen*. Versie 1.2. Den Haag: Min. van Defensie.
- Emmerik, M.L. van; Korteling, J.E. (2013). *Optimale inzet van simulatiemiddelen voor O&T bij Defensie*. Rapport TNO 2013 R10590. Soesterberg: TNO Behavioral & Societal Sciences.
- Farmer, E. Rooij, J. van; Riemersma, J., Jorna, P., Moraal, J. (1999). *Handbook of simulator-based training*, Brookfield, USA: Ashgate; Cambridge, GB: University Press.
- Simulatiecentrum Landoptreden (2011). *Visie Modelling & Simulatie* Amersfoort: OTC Manoevre.
- Korteling, J.E., & Bosch, K. van den (2016). *Conventionele Leermiddelen of Simulatie? Een checklist (TNO-COSI 1.0)*. TNO 2014 M10200, Soesterberg: TNO Earth, Life & Social Sciences.
- Korteling, J.E., Bosch, K. van den (2015a). Validatie van educatieve games. *Homo Ludens Magazine*.
<http://www.homoludensmagazine.nl/artikel.php?titel=validatie-van-educatieve-games>.

- Korteling, J.E., Bosch, K. van den, Van der Pal, J. (2014). *Simulatoreffectiviteit workshop 1: Effectiviteitsfactoren en Metrics*. Soesterberg. TNO 2014 M11506. TNO Human Factors.
- Korteling, J.E., Bosch, K. van den, Pal, J. van der (2014). *Effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen voor opleiding en training*. TNO 2014 M11842. Soesterberg: TNO Earth, Life & Social Sciences.
- Korteling, J.E., Helsdingen, A.S., Theunissen, N.C.M. (2013). Serious Games @ Work: Learning job-related competencies using serious gaming. In A. Bakker & D. Derks (Eds) *The Psychology of Digital Media at Work*. Psychology Press LTD / Taylor & Francis Group. (pp 123 – 144).
- Korteling, J.E., Oprins, E.A.P.B., Coetsier, D. (2014). *Vlekkenanalyse O&T simulatiemiddelen voor bemanning Pantserinfanterie Peloton en Compagnie CV90*. Rapport TNO-2014 R11412: Soesterberg: TNO Behavioral & Societal Sciences.
- Langeslag, P.J.H., Gouweleeuw, R.G.W., Fiebelkorn, S., (2002), *Familievorming simulators KL deelrapport ontwikkelingen in binnen- en buitenland*, TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium.
- Ministerie van Defensie (2016). Strategische Kennis en Innovatieagenda 2016 - 2020: voorblijven in een onveiligere wereld. Den Haag: Min. van Defensie.
- Orlady, H.W., Hennessy, R.T., Obermayer, R., Vreuls D. Murphy, M.R. (1988). *Using Full-Mission Simulation for Human Tutors Research in Air Transport Operations* (Report No. NASA-TM 88330) . Moffet Field, CA: Ames Research Center.
- Remann, A.J., Mitman, R.D., Murphey, M.R. (1995). A handbook of flight simulation fidelity requirements for human factors research. Report DOT/FAA/CT-TN95/46. Atlantic City Airport, NJ 08405: US Department of Transportation, Federal Aviation Administration
- Sanders, P. (1997). Simulation Based Acquisition: an effective affordable mechanism for fielding complex technologies. *Modeling & Simulation*, sept-okt.72-77.
- Sluimer, R.R., Korteling, J.E., Langeslag, P.J.H. , Gouweleeuw, R.G.W. (2004) *Familievorming trainingssimulators KL: richtlijnen*. Rapport TM-04-A018. Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Task Group MSG-003 (2003). *Feasibility Study on Modelling & Simulation Technology in Support of Simulation Based Acquisition (SBA)* [Etude de faisabilité sur la modélisation et la simulation comme soutien de l'acquisition fondé sur la simulation (SBA)]. RTO Technical report 64, Neuilly-sur-Seine-Cedex, France. RTO/NATO.
- Van der Wiel, W., Weima, I., Hasberg, M.P., Huiskamp, W. (2010). *Concept maturity levels bringing structure to the CD&E process*. Orlando FL.: Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC).

A Generieke Effectiviteitsfactoren

A.1 Praktische effectiviteitsfactoren

Algemeen

Gebruik van simulatiemiddelen kan een oplossing bieden voor de nadelen die vaak inherent zijn aan andere vormen van oefenen of evaluaties in de praktijk.

Hierbij kan worden gedacht aan veiligheid, praktische haalbaarheid, logistieke inspanningen en reistijd die nodig zijn in de praktijk. Als zulke factoren een belangrijke rol spelen, dan kan gebruik van simulatiemiddelen de te verwachten mate waarin gestelde doelen kunnen worden gehaald (op het gebied van training, CoVo, AC&D, SBA) doen toenemen. In de categorie "Praktische effectiviteitsfactoren" kunnen de volgende factoren worden onderscheiden:

Logistiek en onderhoud

Belangrijke logistieke factoren zijn: infrastructuur, benodigde verplaatsingen en huisvesting van betrokkenen; beschikbaarheid, bereikbaarheid en onderhoud van locaties en ondersteunende faciliteiten; beschikbaarheid en transporteerbaarheid van apparatuur; onderhoud; het voorkomen en verhelpen van storingen; slijtage.

Veiligheid en duurzaamheid

Als de toepassing betrekking heeft op taken die gevaarlijk zijn als ze onder realistische praktijk-omstandigheden uitgevoerd zouden worden, dan is de inzet van simulatortraining mogelijk een effectief alternatief. Daarnaast is simulatie een duurzame oplossing voor doelstellingen die anderszins moeilijk te realiseren, en/of zeer kostbaar zijn.

Rendement

Als er grenzen zijn aan de beschikbaarheid van (financiële) middelen om een bepaald doel te bereiken (wat vrijwel altijd het geval is) dan wordt effectiviteit (resultaat) ook bepaald door de efficiëntie waarmee deze middelen worden ingezet. Gebruik van M&S heeft de potentie om met minder stafpersoneel (middelen) te kunnen werken. Als bestaande vormen van analyse, onderzoek of training een groot beroep doen op de inzet van mensen, dan is simulatie mogelijk rendabeler. Gebruik van simulatiemiddelen kan daarnaast het hergebruik van allerlei componenten die benodigd zijn voor trainingen aanzienlijk vergemakkelijken. Dat geldt met name op het gebied van software voor O&T scenario's, modellen en databases.

Wet- en regelgeving

Experimentele- of trainingssessies onder realistische praktijk-omstandigheden is vaak niet toegestaan. Dit in verband met bijvoorbeeld wet- en regelgeving met betrekking tot geluidsoverlast, gevaar voor burgers of recreatie en bosbeheer. Soms moet dan worden uitgeweken naar het buitenland. In die gevallen kan simulatie een effectiever praktisch alternatief zijn.

A.2 Motivatie en spel

Narratieve elementen

Game-scenario's hebben in principe een interessante verhaalstructuur die prikkelend, leuk, spannend en uitdagend is. Hierbij kan worden gedacht aan:

- een zodanige opbouw van scenario's, door bijvoorbeeld backstory, foreshadowing en gebruik van karakters, dat gebruikers (spelers, leerlingen) worden geprikkeld en uitgedaagd ermee door te gaan;
- een interessante verhaallijn, goed opgebouwd met een voldoende mate van variatie, geloofwaardigheid;
- een verhaallijn die robuust is voor maken van fouten;
- afwisselende en blijvend interessante scenario's, maar die wél voldoende realistisch en authentiek blijven, i.e., het doel van het verhaal is helder en blijft geloofwaardig en consistent met operationele doelen.

Esthetiek, activatie en flow

De game kan spelers/gebruikers in een positieve en activerende "flow" brengen. Flow is een toestand waarin iemand bij een activiteit zich zowel competent als uitgedaagd voelt en gefocust en gemotiveerd wordt. Het wordt beschouwd als een optimale mentale ervaring waarin spelers helemaal "opgaan" in hun activiteit en waarbij tijdsbesef en zelfbewustzijn verminderen.

- Flow ontstaat o.a. door een goede balans tussen uitdaging en het bekwaamheidsniveau van de leerling. De game kan mechanismen inbouwen om ervoor te zorgen dat de moeilijkheidsgraad (uitdaging) wordt afgestemd op het vaardigheidsniveau van de gebruiker.
- Daarnaast kan flow worden bevorderd als de gebruiker dit zelf kan sturen, bijvoorbeeld door bv de snelheid op te voeren of door moeilijker of makkelijkere situaties op te zoeken. De game maakt het mogelijk dat de gebruiker op het uiterste van zijn kunnen werkt zonder dat het ondoenlijk of onhaalbaar wordt.
- Voor het opwekken van flow kan de gebruiker de kans worden gegeven om op het uiterste van zijn kunnen te werken zonder dat het ondoenlijk of onhaalbaar wordt.
- Het systeem (de aanpak) kan zorgen voor het motiveren of uitdagen van de gebruiker, bijvoorbeeld door het aanbieden van uitdagingen en/of extra uitdagingen.

Speldynamiek en interactie

Het speluniversum (ruimte, tijd, wetten/regels) met scenario's, doelen en interactievormen die het spelproces van applied games mogelijk maken, kunnen bij games ondersteunend zijn aan het behalen van de leerdoelen.

- Het verhaal voorziet dan in situaties waarbij het mogelijk is voor de gebruiker dingen uit te proberen of te oefenen in een grote verscheidenheid aan contexten en daar zelf keuzes in te maken (ook qua tempo en volgorde).
- Gebruikers kunnen daarbij een brede keus hebben aan beschikbare acties om autonoom de taak zo te vervullen op een manier die zij het beste achten? Dit geldt ook voor verrichtingen die leiden tot mislukking.

- Er kunnen voor alle niveaus voldoende intrinsieke beloningen zijn (bijvoorbeeld in de vorm van feedback over prestaties en wat men heeft bereikt in het kader van verhaal, opdracht en speldoelen).
- Het hebben van een bredere keus aan beschikbare acties in de game kunnen het realisme verhogen en de speler voorzien van een groter gevoel voor controle.

Speltoepassing

Effectieve games hebben een goede verhouding tussen spelmatige en toegepaste (serieuze) elementen, interne en externe prikkeling/beloning, exploreren/zelfsturing/-autonomie en structuur, zelf te kiezen instructie- en oefenmogelijkheden. Ze beschikken over een gebalanceerde mix van instructie, oefen- of speelmogelijkheden en tests (of expliciete feedback).

Dit betreft de balans, verhouding of mix van:

- spel en instructie, dus voldoende instructie of cueing om de sessies of oefeningen zelfstandig te kunnen doen, maar ook niet te veel en langdradig;
- spel en meten, dus voldoende punten en aspecten waarop de gebruiker kan checken, meten of evalueren hoe het gaat;
- spel en impliciete feedback onmiddellijk, dan wel uitgesteld, vanuit de simulatie/game;
- spel en expliciete feedback onmiddellijk, dan wel uitgesteld, door (e-) partner of coach;
- het ondanks de gegeven vrijheidsgraden doen van die dingen die belangrijk zijn voor het behalen van alle simulatiedoelen, waarbij kan worden gedacht aan samenwerking, onderhandelen of competitie.

A.3 Natuurgetrouwheid

Bedieningsomgeving-, user interface factoren (vooral relevant bij perceptief-motorische taken, bedieningstaken en deels ook bij proceduretaken)

In een (human-in-the-loop) simulator interacteert een mens via een interface met het simulatiemodel door het geven van input (bijvoorbeeld door drukken op knoppen, indrukken van pedalen, intoetsen van commando's), en krijgt vervolgens realistische terugkoppeling over de (veranderende) toestand van het systeem (bijvoorbeeld door lampjes, meters, geluid, beweging). Het belang van de natuurgetrouwheid van deze zogenaamde "bedieningsomgeving" is ook afhankelijk van eerder genoemde factoren: type taak; beoogd niveau en rol van simulatie in traject. Aan het begin van een leer- SBA- of AC&D traject, voor exploratief of verkennend onderzoek of voor training van beginnende leerlingen (kennismaking, bewustwording) kan vaak worden volstaan met een symbolische weergave van de bedieningsmiddelen en informatiedisplays op een computerscherm. In plaats van een echte knop kan ook een knop op het scherm met een muis worden "ingedrukt". Factoren van belang voor de natuurgetrouwheid van de bedieningsomgeving zijn:

- ruimtelijke configuratie van de bedieningsomgeving;
- zicht voor de gebruiker op de bedieningsmiddelen en displays;
- posities, vormgeving en afmetingen van bedieningsmiddelen en displays;
- control loading (gevoel) van bedieningsmiddelen (bedieningskrachten);
- symbolen op knoppen, displays en meters, menustructuur van ICT systemen etc.

Model-factoren

Om een goede representatie van de werkelijkheid te geven moeten in ieder geval de relevante en kritische elementen uit de taak en taakomgeving in de simulatie worden gerepresenteerd. Dit betreft niet alleen de fysieke factoren (mock-up, interface) en de synthetische omgeving (buitenbeeld), maar ook de hogere-orde informatie afkomstig van de regels, scenario's, virtuele spelers en verhaallijnen. Alleen als de te verrichten taak en andere interacties in de simulatie een beroep doen op dezelfde attitudes, vaardigheden of kennis van gebruikers (spelers, leerlingen) als in de praktijk, dan is een hoge transfer of training of voorspellende waarde van simulatiesessies mogelijk (noodzakelijke voorwaarde).

Deze overeenkomst wordt voor een belangrijk deel bepaald door het onderliggende (wiskundige) model, dat de input-output relaties beschrijft tussen taakvariabelen en relaties daartussen beschrijft, c.q. berekeningen uitvoert ten aanzien van taakdoelen, acties van operators/gebruikers, gebeurtenissen etc.

Voor een realistische dynamische simulatie moet het onderliggende simulatiemodel ervoor zorgen dat gebeurtenissen en gevolgen van acties van de gebruikers op dezelfde wijze verlopen als in de praktijk, dezelfde (of gelijksoortige) consequenties hebben en ook als zodanig en worden gerepresenteerd of teruggekoppeld. In de simulatie moet de werkelijkheid, voor zover die voor de M&S doelen relevant is, dan ook goed worden gerepresenteerd. Dit kan betrekking hebben op:

- regels, wetten, normen, waarden, procedures;
- stuur- en regelprocessen met betrekking tot het gesimuleerde systeem, systeemfouten en verstoringen (bijvoorbeeld wegvallen van signalen, ruis);
- gedrag van agents (tegenstanders, teamgenoten). Dit kan zijn: fysisch, fysiologisch, psychologisch, tactisch, domein-gerelateerd.

Bij het besturen en bedienen moet het gedrag van het bestuurd object of platform op basis van stuur- en regelinput en in relatie tot de omgeving overeenkomen met dat van het werkelijke systeem onder dezelfde omstandigheden. Dit heeft betrekking op:

- vertraging;
- versnelling;
- rotaties;
- translaties;
- effecten van en op andere objecten en omgeving weerstanden;
- ondergrond;
- hellingen.

Presentatie buitenbeeld algemeen

Simulatiemiddelen waarbij virtuele buitenbeelden een rol spelen moeten deze beelden zo goed mogelijk overeenkomstig de werkelijkheid presenteren. Het gaat daarbij in deze categorie niet om de inhoud van deze beelden (het “wat”), maar om de kwaliteit (vormgeving, “hoe”) ervan (in relatie tot de doelstellingen (bijvoorbeeld leerdoelen) waarvoor het specifieke simulatiemiddel wordt gebruikt. Relevante factoren op dit gebied zijn:

- (niveaus van) detail;
- grootte van het visuele veld;
- duidelijkheid (luminantie, contrast, helderheid, kleuren);
- vloeiendheid van bewegingen;
- correspondentie van visuele en mechanische gebeurtenissen (“wat je ziet en wat je voelt”).

Buitenbeeld displays

Buitenbeeld-displays dienen de buitenbeelden zo natuurgetrouw mogelijk weer te geven. Het gaat hier om verschillende mogelijke typen displays, te weten:

- monitoren (spiegels, elektro-optische apparatuur, visueel veld, randen, diepte-illusie, vervormingen);
- projectiesystemen (afstand, parallaxfouten, vervorming, edge-blending, lichtreflecties);
- Head-mounted displays (instantaan gezichtsveld, diepte-oplossend vermogen, gewicht, delays, beeld-versmering).

Beeldinhoud, visuele database

Het simulatiemiddel dient te beschikken over een voldoende/goede invulling en aankleding van de visuele databases. Factoren relevant voor beeldinhoud (het “wat”) zijn:

- grootte/omvang van objecten;
- aantallen relevante objecten;
- herkenbaarheid;
- detail en textuur;
- duidelijke vormgeving;
- plaatsing;
- weers- en zichtcondities;
- verlichtingseffecten.

Mechanische databases

Bij mobiele platformen en systemen, bijvoorbeeld voertuigen, is de gebruiker doorgaans onderhevig is aan fysieke beweging, van dat platform in de gesimuleerde wereld. Als het, gegeven de taak en het doel waarvoor het simulatiemiddel wordt ingezet, van belang is om die beweging ook zo realistisch mogelijk te ervaren dient het simulatiemiddel in principe te beschikken over voldoende en correct gemodelleerde mechanische (fysische) eigenschappen van de omgeving (bijvoorbeeld terreindatabase).

Dit betreft:

- mechanische eigenschappen, zoals terreinkenmerken, oneffenheden, hellingen, weersomstandigheden, wind, golven, atmosfeer);
- gevolgen van contacten met objecten.

Moving-base

ij mobiele platformen en systemen, bijvoorbeeld voertuigen, waarbij het van belang is om die beweging ook zo realistisch mogelijk te ervaren dient het simulatiemiddel in principe te beschikken over een platform (moving-base, of trilplatform), waarmee die bewegingen worden nagebootst. Het platform dient mechanische bewegingsinformatie (berekend op basis van de mechanische database en het dynamisch platform-model) dan correct weer te geven. Het gaat daarbij om:

- aantal vrijheidsgraden van bewegingen;
- amplitude van bewegingen;
- het belang hiervan is met name groot voor het leren omgaan met instabiele manoeuvreer-beweging (bijvoorbeeld helikopter vliegen) en acute verstoringsbeweging (reageren op externe verstoringen);
- synchroniciteit met visuele informatie;
- kwaliteit van trillingen (frequentie, amplitude) van een eventueel trilplatform.

Geluid

Natuurgetrouw geluid heeft betrekking op overeenkomst met het werkelijke geluid qua:

- synchroniciteit met andere perceptuele informatie;
- spectrum;
- ritme;
- sterkte;
- richting; 3D (koptelefoon, headtracker).

A.4 Organisatie

Ondersteuning, beheer en inbedding in de organisatie

De organisatie die van simulatiemiddelen gebruik maakt (de school, de verwerper, de eenheid, de onderzoeks- of doctrine instantie) dient een visie te hebben van waaruit doelmatige, effectieve en efficiënte inzet van simulatiemiddelen wordt ondersteund. Daarbij wordt zorg gedragen voor een goede inbedding van het middel in de keten, bijvoorbeeld door Learning- en Training Support Packages (LSPs en TSPs). Dit laatste betreft onder andere een goede aansluiting simulatiemiddelen met reguliere onderdelen van de keten. Op het niveau van beheer moet het simulatiemiddel goed zijn gedocumenteerd, ondersteund en geborgd. Het belang van goede (technische en functionele) ondersteuning van gebruikers door de organisatie neemt toe naarmate ingezette simulatiemiddelen omvangrijker en complexer zijn.

Relevante factoren zijn:

- Het simulatiemiddel wordt vanuit de organisatie vastgelegd, ondersteund, beheerd en geborgd.
- Het simulatiemiddel, het gebruik ervan en de resultaten passen in de keten en sluiten goed aan bij overige onderdelen van de bedrijfsvoering
- De kosten van de simulatiemiddelen onderscheiden zich in gunstige zin van conventionele middelen, bijvoorbeeld als het gaat om onderhoud, storingen en schades.

Personeel

De organisatie moet er op toe zien dat er gekwalificeerd personeel beschikbaar is, dat in staat is om optimaal gebruik te maken (profiteren) van de mogelijkheden die het simulatiemiddel biedt. Voor nieuwe medewerkers en technici moeten geschikte opleidingsprogramma's aangeboden worden die ervoor zorgen dat zij over de benodigde competenties beschikken. De invoering van een simulatiemiddel kan alleen succesvol zijn als alle betrokkenen (de management, analisten, instructeurs, de trainees, en ook de "afnemers" van geslaagde cursisten (bijvoorbeeld operationele eenheden)) vertrouwen hebben in de waarde van de simulatie als (kosten-) effectieve toepassing.

Relevante factoren zijn:

- acceptatie;
- betrokkenheid;
- kennis en ervaring;
- gerichte opleidings- en trainingsprogramma's (train de trainer);
- kostenbewustzijn.

Logistiek en Capaciteit

Een potentieel voordeel van een simulatiemiddel is dat een hogere gebruiksintensiteit kan worden behaald tegen lagere kosten. Dat voordeel kan alleen worden behaald als aan een aantal logistieke voorwaarden is voldaan.

De simulatiemiddelen dienen daartoe goed beschikbaar te zijn en goed in te plannen met een hoge bezettingsgraad, zonder lange wachttijden. Er moet een goede ICT infrastructuur zijn met voldoende ruimte en faciliteiten?

Techniek

Een simulator is een nabootsing van een taakomgeving, gerealiseerd met technische middelen. Het zal duidelijk zijn dat een simulatortraining alleen effectief kan zijn bij een solide en stabiele techniek. Andere technische factoren die de effectiviteit van simulatiemiddelen voor een (grote) organisatie *kunnen* bevorderen zijn: familievorming, modulariteit, interoperabiliteit met andere (simulatie)systemen, en beschikbaarheid van het simulatiemiddel op afstand.

ONGERUBRICEERD
REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) -	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO -	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO V1427 TNO 2017 R10378
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 060.14466/01.01.03	5. CONTRACT NO -	6. REPORT DATE March 2017
7. NUMBER OF PAGES 38 (incl. 1 appendix, excl. RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 25	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Effectiviteitsfactoren van simulatiemiddelen over toepassingsgebieden heen		
11. AUTHOR(S) Dr. J.E. Korteling Dr. J. Voogd		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO, P.O. Box 23, 3769 ZG Soesterberg, The Netherlands Kampweg 5, Soesterberg, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) DMO/JIVC/KIXS		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) Effectiviteitsfactoren zijn kenmerken, factoren of aspecten van simulatiemiddelen die toepassing meer of minder effectief kunnen maken. Bij het gebruik van simulatoren voor opleiding en training (O&T) moet zoveel mogelijk worden geprofiteerd van de potentiële voordelen en moeten de mogelijke nadelen zoveel mogelijk worden beperkt. Een deel van deze effectiviteitsfactoren is specifiek voor één van de vier toepassingsgebieden: O&T, ondersteuning van commandovoering (CoVo), Analyse, Conceptontwikkeling & Doctrine (AC&D), en simulatie-gebaseerde acquisitie (SBA). Een groot deel ervan is echter meer generiek en geldt dus niet alleen voor het toepassingsgebied O&T, waarvoor de effectiviteitsfactoren al in kaart zijn gebracht. Bij een verwervingstraject van een O&T simulatiemiddel moet, naast de consequenties voor de O&T, ook gekeken worden of het simulatiemiddel voor andere simulatietoepassingen geschikt is (Defensiestaf, 2015). In dit rapport wordt daarom antwoord gegeven op de vraag in hoeverre de O&T factoren voor effectiviteit hetzelfde blijven voor de andere doelstelling. Daartoe wordt eerst een overzicht gegeven van de verschillende toepassingsgebieden van simulatie. Vervolgens wordt onderzocht in hoeverre de kennis over effectiviteitsfactoren die is opgebouwd voor O&T simulatiemiddelen ook van toepassing is voor de andere drie toepassingsgebieden. Daarnaast geeft dit document op globaal niveau een overzicht van effectiviteitsfactoren die specifiek zijn de verschillende toepassingsgebieden buiten O&T.		
16. DESCRIPTORS Simulatie, simulator, modellering & simulatie, opleiding, training, CD&E, doctrine, SBA, operationele besluitvorming, commandovoering		IDENTIFIERS idem
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Subject to approval MOD-NL		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

ONGERUBRICEERD

Distributielijst

hardcopy NLDA/Projectbureau K&I, Defensie Programma procesbegeleider
Dr. M.J.P. van Veen

hardcopy NLDA/Bibliotheek KMA

hardcopy Defensie Programmabegeleider DMO/JIVC/KIXS
LKol P. van Onzenoort

pdf PLANNEN/K&I
Kol. J.C. Dicke

pdf DMO/Joint IV Commando/C4I&I/InformatieBeheer/PDB

pdf Projectbegeleider DMO/JIVC//KIXS
A.C van Lier

TNO

pdf TNO Referent
Drs. M.P. van Esch-Bussemaekers

pdf TNO Programmaleider
Dr. W. Huiskamp

pdf Afdelingshoofd TNO
Drs. W.S.M. Piek
Ir. J.P. Dezaire

pdf TNO medewerkers op aangeven van de TNO PGL
Dr. J.E. Korteling
Dr. J. Voogd

hardcopy TNO Archief (locatie Soesterberg)