

# Trainen met gesimuleerde mensen

## *Effectief inzetten van gedragsmodellen voor militaire training*

**Militaire missies vinden steeds vaker plaats in verstedelijkt gebied, in landen met minder bekende culturen en in regio's met veel lokale groepen, die elk hun eigen belangen hebben. De hedendaagse militair moet complexe situaties snel kunnen analyseren en doorgronden. Een goede training in situatiebeoordeling, besluitvorming en communicatie is hiervoor onontbeerlijk. In huidige opleidingsprogramma's wordt dit geoefend in simulaties met rollenspelers. Dit is niet altijd optimaal. Bovendien is de inzet van rollenspelers duur en moeilijk te organiseren. Gedragsmodellen bieden de mogelijkheid om simulatietraining systematischer, effectiever en efficiënter te maken. Maar wat zijn gedragsmodellen eigenlijk? Wat is er nodig om ze in te zetten voor militaire training, en welke mogelijkheden bieden ze voor Defensie?**

*Dr. K. van den Bosch, dr. T. Bosse en dr. S. de Jong\**

**S**ergeant Brigitte van Heukelom kijkt vanaf een balkon op de tweede verdieping naar de markt van een drukke provinciestad. Ze ziet dat een groep gewapende militanten het marktplein betreedt. De groep ontdekt direct korporaal Hendrik Bakker, één van de teamleden van Van Heukelom, tussen de honderden kooplui en klanten. Met haar mobiele telefoon maakt en verstuurt ze een foto van de militanten naar korporaal Bakker. Ze ziet haar teamlid onopvallend op zijn horloge kijken en vervolgens koers zetten naar haar zijde van de markt, weg van de militanten. Ze besluit af te dalen van het balkon en hem tegemoet te lopen.

Op de markt wordt ze direct aangeklampt door een schoenenverkoper. Hierdoor verliest ze korporaal Bakker een kort moment uit het zicht. Hij verdwijnt in de mensenmassa. De gewapende militanten naderen inmiddels de plek waar Van Heukelom de korporaal voor het laatst gezien heeft. Mensen deinzen verschrikt terug. Een koopman roept druk gebarend de militanten iets toe; deze lopen echter vastberaden verder. Met enige moeite knoopt Van Heukelom een gesprek aan met de koopman. De man lijkt te suggereren dat hij Hendrik Bakker een restaurant aan het marktplein zag binnenlopen, maar zijn ogen dwalen steeds in een heel andere richting.

Van Heukelom vertrouwt de situatie niet. Een omstander bemoeit zich met het gesprek en roept dat Bakker nog op het plein is. Juist als Van Heukelom aanstalten maakt haar weg te vervolgen, ontvangt ze via haar oortje een krakend maar hoorbaar bericht van korporaal

\* Karel van den Bosch is werkzaam bij Training and Performance Innovations Group, TNO. Tibor Bosse is tevens verbonden aan de Agent Systems Research Group van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Steven de Jong is werkzaam bij de Modeling, Simulation & Gaming Group, TNO. De auteurs bedanken de volgende meelezers voor hun waardevolle suggesties: Ikol M.A. (Marc) Smulders (JIVC/KIXS); majoor E.W. (Evert) de Boer (Simulatiecentrum Landoptreden) en ir. K.S. (Karin) van Bodegraven (JIVC/KIXS).



BRON TNO

Team in computerspel. Vier teamleden worden aangestuurd door menselijke spelers; één teamlid door een virtuele speler

Bakker. Hij bevindt zich inderdaad in het restaurant en wacht op instructies. Van Heukelom kijkt rond. Ze heeft de deur van het restaurant goed in zicht en de militanten zijn niet te zien. Ze antwoordt dat hij veilig naar buiten kan komen. Enkele ogenblikken later verschijnt korporaal Bakker in de deuropening. Plotseling, zonder enige zichtbare aankondiging, komt de menigte in beweging. Er klinken schoten en schreeuwen van paniek. Mensen rennen hard weg. Het zicht op korporaal Bakker is nu helemaal verdwenen. 'Stop het scenario!', klinkt het in haar oortje. 'Sergeant Van Heukelom: over tien minuten begint de evaluatie van uw oefening.' Van Heukelom zet haar Virtual Reality-bril af en stapt uit de trainingsruimte.

## Simulatietraining

Sergeant Van Heukelom ervaart hier de kracht van een rijke simulatietraining. De fysieke omgeving wordt natuurgetrouw weergegeven en de mensen in het scenario gedragen zich

realistisch. Voor Defensie neemt het belang van dit soort trainingen toe. Om rekening te kunnen houden met de militaire en civiele bevolking wordt het steeds belangrijker kennis te hebben van de specifieke lokale cultuur en gebruiken.

Daarom moeten militairen in hun opleiding leren welk gedrag ze kunnen verwachten van anderen (bijvoorbeeld van teamgenoten, tegenstanders, of omstanders). Daarnaast moeten ze leren hoe ze die verwachtingen kunnen gebruiken in hun besluitvorming. Simulatie is een geschikt middel om dit te oefenen in een gecontroleerde omgeving.

### Realistisch gedrag

Afhankelijk van het beoogde trainingsdoel moeten de personages in een trainingsscenario een bepaalde mate van realistisch gedrag vertonen. In de praktijk zet Defensie vaak personeel in dat één of meer virtuele personages aanstuurt. Dit kan goed werken omdat deze mensen domeinkennis hebben, waardoor de

personages die ze aansturen zich geloofwaardig gedragen. Aan de andere kant is het geen optimale oplossing omdat het duur is, planning vergt, en trainingen moeilijker te organiseren maakt. Maar als (sommige) virtuele personages zouden worden aangestuurd door computerprogramma's die geheel zelfstandig hun rol in het scenario kunnen invullen, dan zouden de trainingen vaker kunnen worden gegeven en minder voorbereiding vergen.

## Het is een uitdaging om gedragsmodellen te ontwikkelen waardoor virtuele personages zich geloofwaardig gedragen

Voor het automatisch aansturen van een virtueel personage is een zogeheten gedragsmodel nodig (een 'human behaviour model'). Een gedragsmodel is een formele beschrijving van de kennis- en informatieverwerking van een individu of eenheid binnen een domein, taak of scenario. Op basis van informatie uit de omgeving, genereert een gedragsmodel geloofwaardig gedrag.<sup>1</sup> Met als doel om virtuele personages automatisch aan te sturen wordt er internationaal veel onderzoek uitgevoerd naar gedragsmodellen.<sup>2</sup>

### Doel artikel

Gedragsmodellen kunnen voor verschillende Defensietoepassingen worden gebruikt, zoals het ontwikkelen en toetsen van (tactische) doctrines en voor missiepreparatie. In dit artikel richten we ons specifiek op het ontwikkelen en gebruiken van gedragsmodellen voor simulatietraining. Het is een uitdaging om gedragsmodellen te ontwikkelen die ervoor zorgen dat virtuele personages zich geloofwaardig gedragen in verschillende, deels onvoorziene, omstandigheden. Het aangaan van die

uitdaging is de moeite waard omdat de frequentie, continuïteit en flexibiliteit van simulatietrainingen hiermee aanzienlijk kunnen worden verhoogd.

Eerst leggen we uit welke rol gedragsmodellen spelen binnen simulatietraining. Vervolgens beschrijven we aan welke eisen effectieve gedragsmodellen moeten voldoen. Daarna komt het multidisciplinaire proces van het maken van gedragsmodellen aan de orde; eerst in het algemeen (in termen van een stappenplan) en vervolgens meer in detail (in termen van het opstellen van regels).

In de volgende sectie illustreren we de mogelijkheden van gedragsmodellen aan de hand van concrete voorbeelden voor vier typen militaire trainingen. Daarna bespreken we welke toekomstige stappen nodig zijn voor het effectief inzetten van gedragsmodellen voor militaire training. Het artikel sluit af met een korte discussie.

## De rol van gedragsmodellen in simulatietraining

Om de rol van gedragsmodellen binnen simulatietraining goed te kunnen begrijpen, is het van belang om in te zien hoe die modellen zich verhouden tot andere elementen in de simulatietraining.

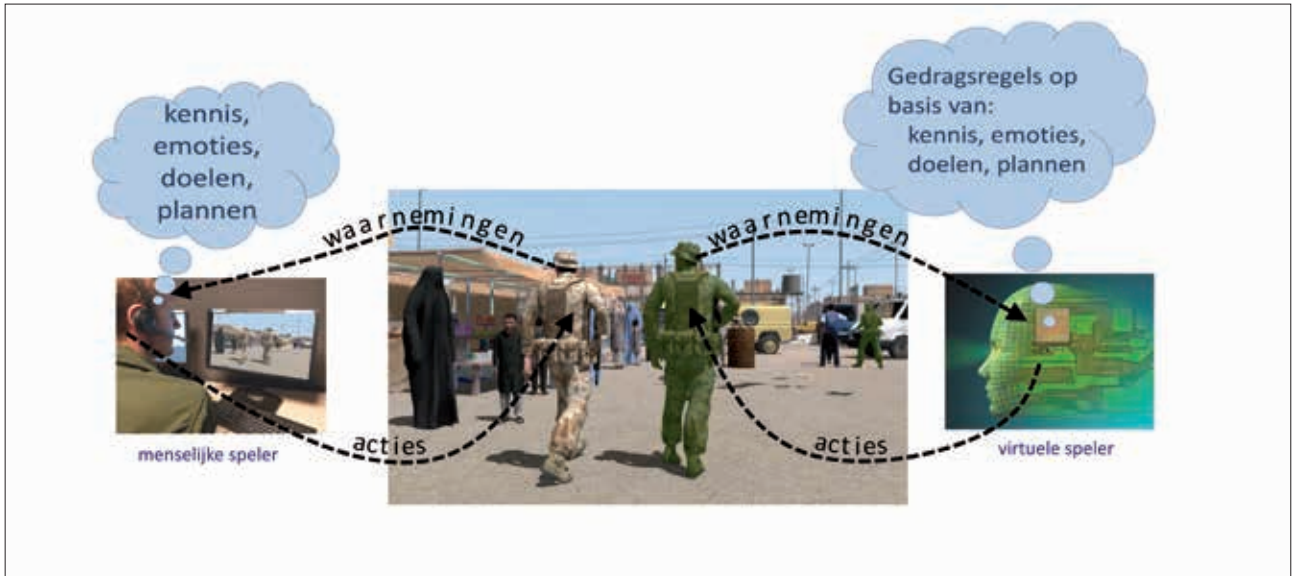
Figuur 1 toont de omgeving van een simulatie, met alle gesimuleerde objecten (bijvoorbeeld marktkramen, een weg, een olievat, auto's) en gesimuleerde personages in de vorm van 'avatars'. Een avatar is de uitbeelding van een persoon in de gesimuleerde wereld. Van elke avatar in de simulatie wordt het gedrag door iets of iemand aangestuurd. Dit aansturen gebeurt hetzij door een menselijke speler (links in de figuur), hetzij door een slim computerprogramma, een gedragsmodel. In het laatste geval is het gedragsmodel dus een soort virtuele speler (rechts in de figuur).<sup>3</sup>

Een virtuele speler moet – net als een menselijke speler – zijn gesimuleerde omgeving kunnen waarnemen (input) en in die omgeving

1 Gunzelmann et al., 'In Search of Interoperability Standards for Human Behaviour Representations'. In: Proceedings of I/ITSEC (paper nr. 14027), 2014.

2 Zie voor een overzicht Zacharias, G. L., MacMillan, J., & Van Hemel, S. B. (Eds.) Behavioral modeling and simulation: from individuals to societies. National Academies Press, 2008.

3 Een avatar die wordt aangestuurd door een gedragsmodel wordt ook wel 'Computer Generated Force' (CGF) genoemd.



Figuur 1 Simulatie met twee 'avatars' (aangestuurd door respectievelijk een menselijke en een virtuele speler)

acties kunnen uitvoeren (output).<sup>4</sup> Het grote verschil tussen een menselijke en een virtuele speler is dat de eerste zijn eigen kennis, emoties, et cetera gebruikt om op basis van zijn waarnemingen tot actie te komen, terwijl de tweede daar doorgaans een verzameling formele redeneer-regels voor gebruikt. De uitdaging bij het maken van gedragsmodellen is om die regels zodanig op te stellen dat de virtuele speler het gewenste gedrag vertoont.

## De uitdaging: goede gedragsmodellen maken

Een belangrijke eis bij het ontwikkelen van een gedragsmodel is dat de virtuele speler een bepaalde mate van geloofwaardig gedrag moet vertonen. Een trainee zal over het algemeen immers beter leren als hij de oefensituatie als representatief voor de werkelijkheid ervaart. Dat wordt ook wel 'suspension of disbelief' genoemd: de trainee weet weliswaar dat de oefensituatie niet 'echt' is, maar schuift dit besef naar de achtergrond om zich optimaal in te leven, en daardoor te leren.<sup>5</sup>

### Slim, maar niet te slim

Om aan deze eis te kunnen voldoen, moet een virtuele speler adequaat kunnen reageren op

gebeurtenissen en kunnen handelen zoals 'echte mensen' dat doen (dus snel of slim genoeg, maar ook weer niet supersonisch snel of slim). Omdat mensen in de werkelijkheid niet allemaal op dezelfde manier handelen, is het goed om ook een zekere variatie te bewerkstelligen in het gedrag van virtuele spelers. Variatie is nuttig zolang het gedrag door domeinexperts en door de gebruikers als plausibel wordt ervaren. Zo kan de 'suspension of disbelief' in stand worden gehouden.

- 4 Het is belangrijk onderscheid te maken tussen de specificatie en de realisatie van waarnemingen en acties. De specificatie van waarnemingen gebeurt in het gedragsmodel en beschrijft de inhoud van de informatie (bijvoorbeeld: 'Teamgenoot zegt "stop" tegen mij'; 'Teamgenoot is bang'). De realisatie gebeurt in de simulator en beschrijft hoe de informatie aan het gedragsmodel wordt aangeleverd. Bijvoorbeeld, de boodschap 'stop' kan via gesproken taal worden gegeven, maar kan ook via een tekstscherm worden gepresenteerd. Ook kan een gedragsmodel, afhankelijk van de simulator, op verschillende manieren waarnemen dat een menselijke speler bang is. Een geavanceerde simulator zou kunnen beschikken over een webcam waarmee de emotie uit de gezichtsuitdrukking kan worden afgeleid. Een ander simulatorsysteem zou de emotionele toestand kunnen afleiden uit hartslagmetingen of simpelweg doordat de teamgenoot in een meerkeuzemenu aangeeft angstig te zijn. Hetzelfde onderscheid tussen realisatie en specificatie geldt voor de acties: het gedragsmodel beslist welke acties de virtuele speler doet; de simulator bepaalt hoe dat gebeurt. De realisatie van waarnemingen en acties valt buiten het gedragsmodel, en daarmee buiten de reikwijdte van dit artikel.
- 5 Livingstone, D. 'Turing's test and believable AI in games. Computers in Entertainment' (CIE), 4 (1) 6, 2006.





BRON TNO

*Bij het binnengaan van een huis in vreemd gebied is het van cruciaal belang om het gedrag van de ander te kunnen duiden en om je eigen intenties ondubbelzinnig duidelijk te maken. Gedragsmodellen kunnen helpen dit te oefenen in virtuele omgevingen*

Een van de factoren die het moeilijk maakt om menselijk gedrag te modelleren is dat de mechanismen die tot bepaalde gedragingen leiden niet altijd gemakkelijk in kaart te brengen zijn. In dit opzicht verschilt het modelleren van gedrag van het modelleren van veel fysische systemen (vooral van systemen die door mensen zelf ontwikkeld zijn). Van zulke systemen zijn de eigenschappen vaak tot in detail bekend, of ze kunnen eventueel voor het maken van een model worden gemeten. Van een auto bijvoorbeeld, is het mogelijk een model te ontwerpen dat op basis van de eigenschappen (zoals gewicht, type banden, snelheid) de remafstand bij een noodstop accuraat voorspelt. Experimenten kunnen vervolgens uitwijzen of de voorspelde remafstand overeenstemt met de daadwerkelijke remafstand.

### Menselijk gedrag is moeilijk te voorspellen

Heel anders ligt dat bij het modelleren van het gedrag van mensen. Vaak is niet precies bekend welke eigenschappen van mensen belangrijk zijn bij het tot stand komen van gedrag. Zo kan het moeilijk te voorspellen zijn of iemand in een gevaarlijke situatie zal vluchten of vechten. En als de mechanismen die dit bepalen wel honderd procent bekend zouden zijn, dan is het meestal niet zinvol om computermodellen te maken op een dergelijk niveau van detail. Een gedragsmodel dat bijvoorbeeld berekeningen uitvoert op het niveau van de neuronen in het menselijk brein zal te omvangrijk en complex zijn om bruikbaar te zijn binnen een simulatie-omgeving. Daarom moeten er bij het modelleren van gedrag altijd keuzes en aannames worden gemaakt die ervoor zorgen dat het model misschien niet identiek is aan de te beschrijven werkelijkheid, maar er wel voldoende op lijkt om nuttig te zijn voor simulatietraining.

### Gebruikmaken van 'emoties'

Een goed voorbeeld van een keuze bij het modelleren van gedrag is het idee om gebruik te maken van het begrip 'emotie'.<sup>6</sup> Hiermee zou een virtuele speler kunnen worden ontworpen die zijn gedrag aanpast aan zijn emotionele toestand op dat moment. Wanneer de speler bijvoorbeeld in een negatieve emotionele toestand is (bijvoorbeeld 'bang'), dan zal deze eerder vluchten dan vechten. En hoewel we eigenlijk niet exact kunnen beschrijven wat het inhoudt als iemand een bepaalde emotie heeft, is het concept 'bang' een heel nuttig en inzichtelijk instrument om te gebruiken als bouwsteen van een gedragsmodel. Door gebruik te maken van dit soort concepten kan het gedrag van virtuele spelers niet alleen geloofwaardig worden gemaakt, maar is het ook gemakkelijker te bespreken met alle betrokken partijen, waaronder domeinexperts, ontwikkelaars en eindgebruikers.

### Een multidisciplinair proces

Figuur 2 toont een algemeen stappenplan voor het proces van modelleren. In dit stappenplan kunnen twee hoofdfases worden onderscheiden, te weten ontwerp (waarin het model

<sup>6</sup> Jiang, H., Vidal, J.M., and Huhns, M.N. 'EBDI: An Architecture for Emotional Agents', 2007. In: Proc. of the 6th Int. Joint Conf. on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, AAMAS'07. ACM Press, 38-40.

gebouwd wordt; linkerhelft van de figuur) en analyse (waarin het model en het gedrag dat het voortbrengt, worden bestudeerd; rechterhelft van de figuur). Het proces is iteratief. Op basis van de analyse kan bijvoorbeeld blijken dat een model niet voldoende aansluit bij het doel, waarna er opnieuw aan het ontwerp van het model moet worden gewerkt.

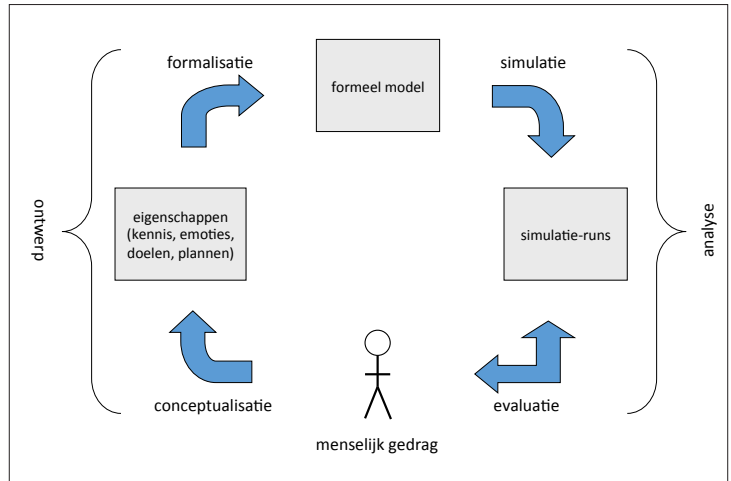
Om gedragsmodellen te maken is dus een combinatie van expertises uit verschillende vakgebieden nodig. In de eerste plaats moet de ontwerper zich afvragen over welke eigenschappen een virtuele speler precies moet beschikken om het beoogde gedrag te kunnen vertonen (conceptualisatie). Zo worden aan een virtuele speler die wordt ingezet voor het trainen van schietvaardigheid heel andere eisen gesteld dan aan een speler die wordt gebruikt voor communicatietraining. De eerste zal vooral realistische kwaliteiten nodig hebben op het fysieke vlak (rennen, springen, ontwijken), terwijl de tweede vooral moet kunnen luisteren, de boodschap begrijpen, het perspectief van de ander op de situatie begrijpen, formuleren, en zo verder.

**Psychologie**

Zodra er duidelijkheid is over welke gedragingen moeten worden gemodelleerd, moet gekeken worden naar de manier waarop dat gedrag in werkelijkheid tot stand komt. Als we bijvoorbeeld een virtuele speler willen ontwerpen die emoties heeft (zoals bang worden wanneer er sprake is van dreiging), dan moeten we kennis hebben over emoties. Dat betekent dat we inzicht moeten hebben over de omstandigheden waaronder mensen bijvoorbeeld bang, boos, blij, verrast of verdrietig worden, maar ook over de invloed die emoties (kunnen) hebben op het gedrag van degene die de emotie ervaart. Hiervoor is kennis nodig vanuit de gedragswetenschappen, in het bijzonder vanuit de psychologie.

**Informatica en kunstmatige intelligentie**

Vervolgens moeten de betreffende mechanismen worden omgezet naar een notatie die de computer kan verwerken (formalisatie). Voor deze stap is kennis nodig vanuit de informatica



Figuur 2 Algemeen stappenplan voor het ontwikkelen van een gedragsmodel. Aangepast uit Klein (2007)

en het domein van de kunstmatige intelligentie. Ten slotte moet een ontwikkeld gedragsmodel geïmplementeerd worden in een simulatie (simulatie) om na te gaan of het model het gewenste gedrag voortbrengt, en ook of het gedrag van de virtuele speler het gewenste effect heeft op de trainee (evaluatie).

**Hoe kunnen we gedragsmodellen maken?**

Een veel gebruikt startpunt om gedrag te modelleren is om een virtuele speler te beschrijven in termen van de interacties met de omgeving via waarnemingen en acties (zie ook figuur 1).<sup>7</sup> Dat kan op verschillende manieren, waarvan de drie belangrijkste hierna aan de orde komen.

**Handelingen beschrijven**

Eén manier is om simpelweg een reeks van handelingen op te schrijven die de virtuele speler moet uitvoeren (bijvoorbeeld ‘loop naar restaurant’ – ‘open deur’ – ‘ga naar binnen’). Dit soort beschrijvingen wordt ook wel ‘scripts’ genoemd. Hoewel ze erg inzichtelijk zijn en voor sommige toepassingen goed bruikbaar, is

7 Wooldridge, M., & Jennings, N. R. Intelligent agents: Theory and practice. The knowledge engineering review, 10 (1995) (02) 115-152.

een nadeel van scripts dat de virtuele speler hiermee niet kan reageren op wat er om hem heen gebeurt. Wanneer zich bijvoorbeeld een zwaarbewappende vijand in het restaurant zou bevinden, dan zou de speler nog steeds rustig naar binnen gaan.

### **Input-output regels**

Een tweede manier van modelleren, die een stapje complexer is, maakt gebruik van zogeheten input-output regels die de acties van de speler één-op-één koppelt aan de waarnemingen (bijvoorbeeld: als X, dan Y: als er een vijand in zicht is, dan: schiet op vijand). De spelindustrie gebruikt al vele jaren uitgebreide en complexe varianten van scripts en input-output regels als gedragsmodellen voor virtuele

gen (inputs) en acties (outputs) in het gedragsmodel te onderscheiden, maar ook de zogenoemde interne toestand van de virtuele speler. Modelleren met behulp van interne toestanden is dus een derde mogelijke vorm van modelleren. Doorgaans verwijzen deze interne toestanden naar de 'mentale' of 'fysieke' toestand van de virtuele speler. De mentale toestand kan betrekking hebben op allerlei zaken, zoals bijvoorbeeld iemands kennis (bijvoorbeeld: dat een teamgenoot zich op het marktplein bevindt), het doel (bijvoorbeeld: helpen bij vluchten), de emotie (bijvoorbeeld: bang), of de motivatie (bijvoorbeeld: groot). Voorbeelden van fysieke toestanden die van invloed kunnen zijn op iemands gedrag zijn: conditie (bijvoorbeeld: vermoeid, uitgerust), fysieke kracht en uithoudingsvermogen. Interne toestanden zijn over het algemeen afhankelijk van wat er recent is geobserveerd of gedaan door de speler. Ze zijn dus afhankelijk van een 'geheugen'. Doordat interne toestanden van de virtuele speler voor andere spelers niet direct waarneembaar zijn, vertonen virtuele spelers met interne toestanden ogenschijnlijk gevarieerder gedrag. Overigens kan een (virtuele) speler zijn interne toestand soms wel tot uitdrukking brengen, bijvoorbeeld via gezichtsuitdrukking.

### **Gedragsmodel**

Om gedrag te kunnen modelleren met behulp van interne toestanden, dienen er regels te worden opgesteld die bepalen hoe de interne toestanden zich relateren tot de waarnemingen en de acties van de virtuele speler. Een verzameling van zulke regels vormt uiteindelijk een gedragsmodel. Door deze modellen vervolgens in te bouwen in de virtuele spelers, kunnen we ervoor zorgen dat deze zich realistisch gedragen, zonder dat voor alle mogelijke combinaties van waarnemingen een eigen gedragsregel moet worden vastgelegd. Zie de kaders voor een uitgebreide uitleg van dit principe.

### **Gedragsmodellen voor de trainingspraktijk**

Hiervoor is beschreven wat gedragsmodellen zijn en hoe ze gemaakt kunnen worden. Zoals

## De spelindustrie gebruikt uitgebreide en complexe scripts en input-output regels als gedragsmodellen voor virtuele spelers in computergames

spelers in computergames, en met groot succes. Met input-output regels kan een virtuele speler zich quasi-intelligent gedragen, mits de situatie van te voren is voorzien en er een regel voor is gemaakt. Het voordeel van deze werkwijze is goede controle en daarmee een robuust spel. Een nadeel is dat het gedrag van de virtuele spelers op den duur erg voorspelbaar kan worden, waardoor het als minder geloofwaardig kan overkomen. Wanneer de marktkoopman uit de introductie bijvoorbeeld iedere keer dat hij wordt aangesproken dezelfde openingzin uitspreekt, zal deze al snel als minder realistisch worden ervaren. Geloofwaardiger zou het zijn wanneer de koopman de ene keer vriendelijker zal reageren dan de andere keer, afhankelijk van onder meer zijn eigen humeur, of van de ervaringen die hij de vorige keer met de trainee heeft gehad.

### **Modelleren van 'interne toestanden'**

Voor flexibeler en geloofwaardiger gedrag is het daarom van belang om niet alleen waarnemin-

### **Gedrag modelleren met interne toestanden**

*In een training leert de trainee door de effecten van zijn beslissingen en handelingen op het gedrag van de andere speler(s) te ervaren. Als mensen wordt gevraagd hun gedrag te beschrijven (of dat van anderen), dan doen zij dit gewoonlijk in termen van kennis, emoties, doelen en plannen. Bijvoorbeeld: 'ik heb de overtuiging dat ik in gevaar ben' (kennis); 'ik voel me angstig' (emotie); 'ik heb als doel overleven, daarom kies ik als plan: vluchten'.*

*Met het oog hierop moet ook een virtuele speler geen 'handelingsmachine' zijn, maar een identiteit, die handelt en reageert op een manier die past bij zijn doelen, zijn rol, cultuur, zijn emotionele staat, enzovoort. Een veel gebruikte methode uit de kunstmatige intelligentie om deze processen te modelleren is door gedrag uit te drukken in termen van 'Beliefs' (kennis), 'Desires' (doelen), en 'Intentions' (plannen) (BDI). Aan*

*deze drie begrippen wordt recentelijk vaak 'emotie' als vierde eigenschap toegevoegd. Het modelleren van gedrag als functie van interne toestanden is fundamenteel verschillend van input-output regels. Een virtuele speler reageert niet op een gebeurtenis, maar op de interpretatie van die gebeurtenis. De modelleur definieert voor een virtuele speler hoe deze door gebeurtenissen overtuigingen vormt (beliefs); welke doelen daardoor actief worden; door welke (reeks van) handelingen een doel kan worden behaald; en welke invloed emotie heeft op het gedrag.*

*Modelleren van gedrag in termen van interne toestanden kan meer tijd en moeite kosten dan het vastleggen van input-output regels. Maar die inspanningen betalen zich later terug, bijvoorbeeld als er nieuwe scenario's worden gemaakt, of als een virtuele speler voor een ander domein moet worden ontwikkeld.*

te zien is in figuur 2 moet een gedragsmodel altijd worden ontwikkeld voor een concreet doel, want de toepassing bepaalt aan welke eisen een model moet voldoen en hoe het gebruikt moet kunnen worden. In dit artikel kijken we specifiek naar toepassing voor training van militaire taken. De defensieorganisatie bestrijkt een enorm gebied aan allerlei verschillende trainingen op alle operationele niveaus, van individueel gericht tot het opwerken van eenheden in samengesteld verband. Het is hier niet mogelijk om de mogelijkheden van gedragsmodellen voor al die trainingen te behandelen. In de volgende vier secties gaan we beknopt in op de eisen, de ontwikkeling en het gebruik van gedragsmodellen voor vier typen van militaire trainingen: het trainen van procedures, communicatie, commandovoering en 'crowd management'.

### **Gedragsmodellen voor training van procedures**

Een procedure kenmerkt zich door een goed omschreven doel dat bereikt kan worden door een reeks handelingen of operaties. Er is een eindig aantal keuzemomenten en de taak wordt

vaak op stereotiepe wijze uitgevoerd.<sup>8</sup> Bij Defensie is een groot deel van de samenwerking tussen functionarissen vastgelegd in procedures (bijvoorbeeld de communicatie tussen 'Air Controller' en vlieger). Een voordeel van procedures is dat mensen ze relatief makkelijk leren, zelfs als deze tamelijk complex zijn.<sup>9</sup> Helaas verleren mensen die vaardigheid weer snel tijdens perioden zonder oefening.<sup>10</sup> Veel en frequent trainen in een oefenomgeving helpt bij het bijhouden en opnieuw behalen van vaardigheid.<sup>11</sup> Simulatie is een bijzonder geschikt instrument voor training, mits deze voldoende realistisch en kostenefficiënt kan plaatsvinden.

8 Konoske, P. J., & Ellis, J. A. Cognitive Factors in Learning and Retention of Procedural Tasks (Technical Report NPRDC TR 87 14). San Diego, CA: Navy Research and Development Center, 1986.

9 Kieras, D., & Bovair, S. (1984). The Role of a Mental Model in Learning to Operate a Device. *Cognitive Science*, 8, 255-273. Zie ook noot 10.

10 Christina, R. W., & Bjork, R. A. 'Optimizing Long Term Retention and Transfer'. In: D. Druckman, & R. A. Bjork (Eds.), *In the Mind's Eye: Enhancing Human Performance*, Washington, D.C.: National Academy Press, 1991, 25-56.

11 Bosch, K. van den, & Versteegen, D. M. L. (1998). *Instruction and practice: effects on the retention of procedural skills*. (Report No. TM-96-C043). Soesterberg, the Netherlands: TNO-TM, 1998.



Omdat in procedures het gedrag zo duidelijk omschreven is, is het ontwikkelen van gedragsmodellen voor simulatietraining in dit type taken relatief gemakkelijk. Vaak wordt dit gedaan met input-output regels die het gedrag van de speler bepalen als reactie op een waarneming. Maar in de praktijk verschillen procedurele taken onderling op belangrijke punten van elkaar. Ze variëren bijvoorbeeld in het aantal stappen, het aantal keuzemomenten en waardoor die bepaald worden, en de vrijheid om van de voorgeschreven volgorde af te wijken.

Soms maakt dat input-output regels minder geschikt omdat een virtuele speler dan minder geloofwaardig overkomt op de menselijke speler. Het vertoonde gedrag lijkt zich in de ogen van de speler min of meer onvermijdelijk te voltrekken (als 'dit', dan altijd 'dat'). Daarom kan het in zulke gevallen toch beter zijn om gedrag te modelleren op basis van interne toestanden.

## Smart bandits zijn virtuele vliegers van vijandelijke toestellen die realistisch gedrag vertonen. Ze kunnen worden gebruikt in de opleiding van F-16-vliegers

Voor Defensie zijn de mogelijkheden onderzocht van gedragsmodellen op basis van interne toestanden voor training in procedures. We geven daarvan twee voorbeelden. Vanuit de commandocentrale van een schip geeft een Helikopter Directie Officier (HDO) navigatieaanwijzingen aan de vlieger van een helikopter, zodat diens missie volgens plan wordt uitgevoerd en de helikopter op een gecontroleerde en veilige manier terugkeert aan dek. Voor de training van de HDO is geen echte vlieger beschikbaar. Daarom speelt in de trainings-

simulator een instructeur de rol van helikopterpiloot. De Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) ontwikkelde 'Virtual Pilot', een virtuele speler die net als een echte piloot communiceert en handelt.<sup>12</sup> Hiermee kan de training van de HDO flexibeler en kosten-effectiever worden gemaakt.

Een ander voorbeeld is het door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) ontwikkelde 'Smart Bandits'.<sup>13</sup> Dit zijn virtuele vliegers van vijandelijke toestellen die in air-to-air combat simulaties zelfstandig handelen en realistisch gedrag vertonen. Smart Bandits kunnen worden gebruikt in de tactische gevechtsopleiding van F-16-vliegers.

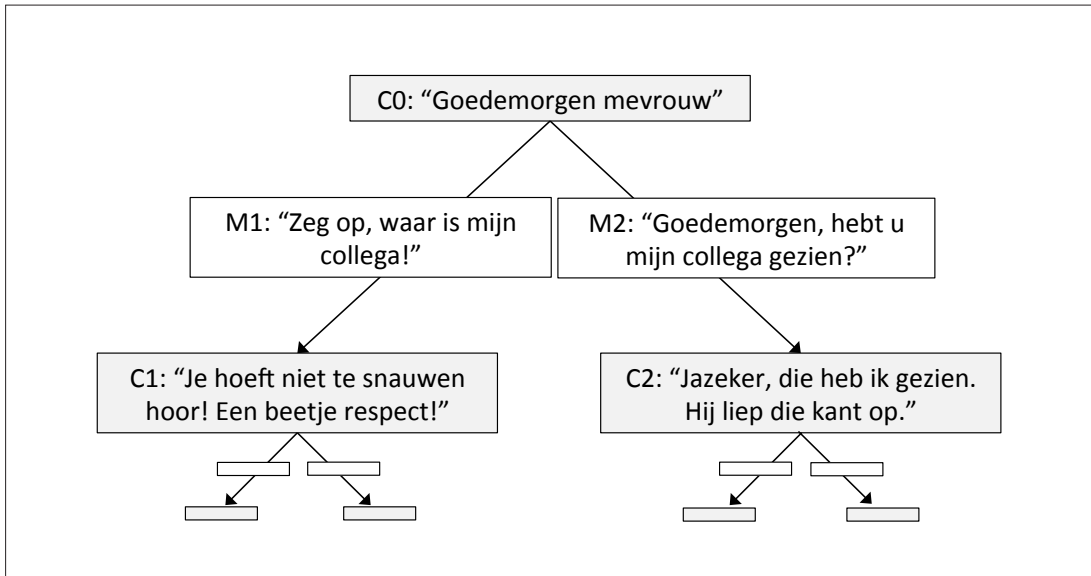
### Gedragsmodellen voor communicatietraining

Naast zaken als tactisch inzicht, besluitvorming en commandovoering, is face-to-face communicatie een onmisbare competentie voor elke militair. Tijdens een missie kunnen gesprekken met de lokale bevolking immers van groot belang zijn, bijvoorbeeld om informatie te verkrijgen, te onderhandelen, het vertrouwen van de bevolking te winnen, of conflicten te de-escaleren. Zo slaagt sergeant Van Heukelom erin om op basis van een kort gesprek met een koopman te concluderen dat haar collega zich in een restaurant bevindt. Om dit soort gesprekken tot een goed einde te brengen zijn zogeheten 'soft skills' nodig: competenties die de militair in staat stellen om een conversatie in goede banen te leiden.

Deze competenties bestaan in de eerste plaats uit algemene communicatievaardigheden, op zowel verbaal (bijvoorbeeld parafraseren en doorvragen) als non-verbaal niveau (bijvoorbeeld oogcontact zoeken en knikken met het hoofd). Daarnaast zijn soms meer taak-specifieke communicatievaardigheden nodig, zoals culturele intelligentie (het vermogen om de persoonlijke stijl van communicatie te laten aansluiten bij de culturele context), onderhandelingstechnieken en technieken voor conflict-hantering.

<sup>12</sup> Strijbosch, V. 'Virtuele Piloot bijna werkelijkheid'. In: Alle Hens, februari 2014, 10-11.

<sup>13</sup> Toubman, A., Roessingh, J. J., Spronck, P., Plaat, A., & Van Den Herik, J. 'Dynamic Scripting with Team Coordination in Air Combat Simulation'. In: Modern Advances in Applied Intelligence. Springer International Publishing, 2014, 440-449.



Figuur 3 Fragment van een 'conversation tree'

Om communicatievaardigheden te kunnen trainen met behulp van simulatie is een systeem nodig dat een menselijke trainee in staat stelt om op een realistische manier een 'gesprek' aan te gaan met een virtuele conversatiepartner. Meestal gebeurt dat in de vorm van een dialoog. De traditionele manier om dit te implementeren is door alle mogelijke ontwikkelingen van de conversatie volledig vast te leggen in een formele structuur die we een 'conversation tree' noemen.

Een voorbeeld van (een klein fragment van) zo'n conversation tree is te zien in figuur 3. Hierin geven de blokjes C0, C1, ... de zinnen weer die door de computer (de koopman) worden gesproken, en de blokjes M1, M2, ... de zinnen die de mens (sergeant Van Heukelom) kan selecteren (bijvoorbeeld uit een meerkeuze-menu). In de figuur is te zien dat de mens, nadat de computer heeft gesproken, steeds een keuze heeft tussen verschillende reacties (in dit geval tussen M1 en M2), en dat de computer op basis van deze reactie bepaalt hoe het gesprek verder verloopt. In feite maakt de computer hiervoor gebruik van hele eenvoudige input-output regels. De meeste bestaande simulatoren voor communicatietraining in militaire context zijn gebaseerd op deze aanpak.<sup>14</sup>

Hoewel de methode van conversation trees erg inzichtelijk is, is het hiermee niet zo eenvoudig om ervoor te zorgen dat de virtuele spelers zich realistisch gedragen zonder dat voor alle mogelijke situaties precies moet worden voorgeschreven hoe de speler reageert. Daarom wordt ook bij simulatoren voor communicatietraining langzaam maar zeker steeds meer gebruik gemaakt van gedragsmodellen.<sup>15</sup> Vaak maken deze modellen gebruik van concepten die typisch van belang zijn bij sociale situaties, zoals persoonlijkheid en emoties. In het kader wordt in detail geïllustreerd hoe gedragsmodellen van toegevoegde waarde kunnen zijn bij communicatietraining. Het algemene principe dat in het kader wordt geschetst is echter net zo goed van toepassing op de drie andere typen training.

- 14 Zie o.a. Haynes, E.K., Campbell, J., and Trimmer, M. 'What the Virtual Human Isn't Saying: A Sequencer Tool for Non-Verbal Behavior in the ELITE Leadership Training System'. In: XIV Symposium on Virtual and Augmented Reality, Rio de Janeiro, Brazil, 2012; Johnson, W. L., & Sagae, A. Personalized refresher training based on a model of competency acquisition and decay. *Advances in applied human modelling and simulation*, 2012, 181-190; Rozenberg-van Lisdonk. 'Virtueel culturele en sociale vaardigheden oefenen'. In: *Materieelgezien*, 2014 (5) <http://magazines.defensie.nl/materieelgezien/2014/05/artikel-contracten-codemo>.
- 15 Zie bijvoorbeeld Lane, H., & Ogan, A. 'Virtual environments for cultural learning'. In: *Second Workshop on Culturally-Aware Tutoring Systems in AIED 2009 Workshops Proceedings*, 2009, 25-34.

**Illustratie van het nut van interne toestanden: een gedragsmodel voor communicatietraining**

In Figuur 3 is te zien dat de reactie van de computer afhankelijk is van datgene wat de mens zegt. Kiest de mens optie M1, dan reageert de computer met C1, en kiest de mens optie M2, dan reageert de computer met C2. Deze eenvoudige input-output regels kunnen als volgt worden opgeschreven:

input (M1) --> output (C1)  
input (M2) --> output (C2)

Jammer genoeg biedt deze aanpak weinig variatie wat betreft het gedrag van de computer. Immers, ongeacht hoe vaak we dit scenario zouden draaien, de computer zal in reactie op zin M1 altijd antwoord C1 geven, en in reactie op zin M2 altijd antwoord C2. Hoewel dit niet altijd een probleem hoeft te zijn, legt deze aanpak wel beperkingen op. In werkelijkheid zou het bijvoorbeeld best kunnen dat een koopman, ondanks dat deze beleefd wordt aangesproken, toch op een onvriendelijke manier reageert, bijvoorbeeld omdat hij in een slechte bui is.

Een eenvoudige manier om dit op te lossen, is het introduceren van een interne toestand van de virtuele speler. We kunnen bijvoorbeeld zeggen dat de koopman altijd een bepaalde emotie heeft (die ofwel positief of negatief is), die van tevoren kan worden ingesteld door deze de waarde E+ of E- te geven. Op die manier kunnen we de eerder genoemde input-output regels vervangen door de volgende, iets ingewikkeldere regels:

input (M1) & intern (E-) --> output (C1)  
input (M1) & intern (E+) --> output (C1)

input (M2) & intern (E-) --> output (C1)  
input (M2) & intern (E+) --> output (C2)

In woorden uitgedrukt zeggen deze regels eigenlijk dat de koopman bij het waarnemen van input M1 (de onbeleefde zin) altijd output C1 zal produceren (de onbeleefde reactie), ongeacht zijn eigen emotionele toestand, maar dat zijn reactie bij het waarnemen van input M2 (de beleefde zin) wel afhangt van zijn emotie.

Desondanks is dit nieuwe gedrag nog steeds redelijk beperkt. Zo blijft de emotionele toestand van de koopman gedurende het hele gesprek onveranderd, hetgeen niet bepaald realistisch is. Een volgende verbetering van het model zou er daarom voor kunnen zorgen dat de waarden van de interne toestanden (de emoties) niet meer statisch zijn, maar dynamisch. Hierbij maken we ze afhankelijk van de waargenomen inputs:

input (M1) & intern (E-) --> intern (E-)  
input (M1) & intern (E+) --> intern (E-)  
input (M2) & intern (E-) --> intern (E-)  
input (M2) & intern (E+) --> intern (E+)  
intern (E-) --> output (C1)  
intern (E+) --> output (C2)

Op deze manier krijgt de koopman bij het waarnemen van de onbeleefde zin altijd een negatieve emotie, maar hangt zijn emotie bij het waarnemen van de beleefde zin af van de emotie die hij al had. Vervolgens bepaalt zijn emotie welke zin hij zelf uitspreekt. Door op deze manier steeds meer interne toestanden toe te voegen, en deze via regels

**Gedragsmodellen voor training in commandovoering**

Tactisch inzicht en commandovoering zijn belangrijke competenties van een leidinggevend militair. Deze houden ten eerste in dat een commandant een situatie moet kunnen beoordelen door te volgen wat er gaande is en daarvan de betekenis kunnen duiden. Daarnaast moet een commandant verschillende 'courses-of-action' kunnen genereren en daaruit een goede kunnen kiezen door te reflecteren op mogelijke uitwerkingen van een beslissing.

De simulatietraining van Van Heukelom uit de inleiding draait primair om commandovoering. In het scenario vinden gebeurtenissen plaats die de trainee moet interpreteren en er zijn verschillende spelers die reageren op die gebeurtenissen, op elkaar, en op de beslissingen van Van Heukelom. Zulke spelers moeten zich op eenzelfde manier gedragen als de individuen of de eenheden die ze representeren. In het voorbeeldscenario zien we virtuele spelers die zich intelligent en realistisch gedragen: de militanten sporen een dreiging (vanuit hun

*te verbinden aan inputs en outputs, kan een steeds realistischer gedragsmodel worden ontwikkeld.*

*Alleen ontstaat er nu wel een ander bezwaar, namelijk dat de modelleur een groot aantal regels moet opstellen om de dynamiek van al die interne toestanden per geval te beschrijven. Dit probleem kan worden verholpen door de waarden van interne toestanden niet meer uit te drukken in kwalitatieve termen (zoals E+ en E-), maar met behulp van numerieke variabelen. Zo kan de emotie van de koopman worden uitgedrukt met een getal op een schaal van 0 tot 1 (waarbij 0 een extreem negatieve emotie uitdrukt, 1 een extreem positieve, en 0.5 een neutrale). Vervolgens moet ook aan alle mogelijke input en outputs zo'n numerieke waarde worden toegekend, die iets zegt over de inhoud van de betreffende zinnen.*

*In het huidige voorbeeld kan die inhoud bijvoorbeeld betrekking hebben op de beleefdheid van de zin (bv: 'Waar is mijn collega?' = 0.3, en 'Hebt u mijn collega gezien?' = 0.7). Wanneer we dit principe voor alle inputs, outputs en interne toestanden hebben toegepast, hoeven we hun onderlinge afhankelijkheden alleen nog maar weer te geven in termen van algemene numerieke relaties. Bijvoorbeeld door te stellen dat de nieuwe emotie van de koopman wordt bepaald door het gemiddelde van de emotie die hij al had en de mate van beleefdheid van de waargenomen zin. Vervolgens kan die nieuwe emotie bepalen met welke mate van beleefdheid zelf zinnen uitspreekt. Hiermee illustreert dit voorbeeld dat het gebruik van numerieke methoden het aantal regels van een complex gedragsmodel aanzienlijk kan reduceren.*

perspectief) op en reageren daarop; kooplui en omstanders hebben hun eigen doelen en handelen vanuit deze doelen logisch op de ontstane situatie; Van Heukeloms virtuele ondergeschikte (korporaal Bakker) probeert zijn doel (ontsnappen aan de militanten) te bereiken en vraagt om hulp wanneer dit niet lukt.

Onderzoek laat zien dat in tactische simulaties de virtuele spelers nog moeilijk te simuleren zijn.<sup>16</sup> Dat heeft te maken met het open

karakter van tactische commandovoering. Afhankelijk van diens aannames en redeneringen kan een trainee, op elk moment in een scenario, kiezen uit veel verschillende acties.

Ook instructeurs ervaren de beperkingen van bestaande virtuele spelers als zij simulatoren of games gebruiken voor militair-tactische training.<sup>17</sup> In een aanvalssituatie is het logisch wanneer een virtuele teamgenoot, na het waarnemen van een vijand, besluit te schieten. Datzelfde gedrag is niet geschikt als het peloton op verkenningmissie is en probeert onontdekt te blijven. Met andere woorden: eenvoudige input-output regels zijn al snel te beperkt voor gedragsmodellen in toepassingen voor tactische commandovoering. Er wordt momenteel veel onderzoek uitgevoerd naar de inbedding van contextuele kennis in gedragsmodellen, zodat virtuele spelers intelligenter kunnen worden.

## Gedragsmodellen voor training in 'crowd management'

Militaire inzet vindt steeds vaker plaats in verstedelijkt gebied, met complexe bebouwing en burgers. Het omgaan met grote groepen burgers en het kunnen handhaven van de openbare orde ('Public Order Management') wordt steeds belangrijker bij de opleiding en training van commandanten.<sup>18</sup> Dit bestaat uit het onderkennen en beoordelen van mogelijke gevaren voor eigen troepen en het genereren van geschikte manieren van optreden. Indien het verloop dat vereist, moet een gekozen wijze van optreden kunnen worden bijgesteld. In de simulatietraining van Van Heukelom gaat het weliswaar niet om het beheersen van een menigte, maar het scenario illustreert wel de effecten die een menigte op een situatie uitoefent, bijvoorbeeld in het gedrag van de koopman die zich in de groep belemmerd lijkt

16 Gonzalez, A. J., Stensrud, B. S., & Barrett, G. 'Formalizing context-based reasoning: A modeling paradigm for representing tactical human behavior'. In: International Journal of Intelligent Systems, 23 (2008) (7) 822-847.

17 Post, A. Click, Press, Click... You are dead. Rethinking Interaction with PC-based Military Serious Games. Master thesis, 2012, Utrecht University.

18 Buiel et al. Inzetmogelijkheden van Serious Gaming voor Public Order Management Training. TNO report, 2008.

te voelen om te vertellen wat hij weet. En de menigte die plotseling in beweging komt, veroorzaakt een drastische wending in het scenarioverloop.

### Effect eigen optreden?

Het moeilijke aan 'Public Order Management' is dat het effect van het eigen optreden op het publiek vaak lastig te voorspellen is. Leidinggevendenden moeten daarom tijdens het optreden creatief, flexibel en improviserend kunnen inspelen op onverwachte gebeurtenissen. In opleidingen van de Koninklijke Marechaussee leren cursisten tijdens praktijklessen hoe om te gaan met mensenmenigten, waarbij eigen troepen als rollenspelers fungeren.

Uit onderzoek van TNO bleek dat er met inzet van Serious Gaming minder mensen nodig zijn om de oefeningen te realiseren; er frequenter kan worden geoefend, en dat scenario's kunnen worden aangeboden die op andere manieren moeilijk of niet te realiseren zijn.<sup>19</sup> Een belangrijke nadeel is nog wel dat er voor het spelen van de game leden van de oefenstaf nodig zijn om het gedrag van de virtuele mensenmenigte 'handmatig' te creëren en bij te sturen.

Om 'Public Order Management' te kunnen trainen zonder oefenstaf die de menigte aanstuurt, zijn modellen nodig van het gedrag van mensen in groepen ('crowd models'). Vaak wordt verondersteld dat als mensen een menigte vormen hun gedrag iets onbestemds krijgt, met een onvoorspelbare dynamiek. Onderzoek laat echter zien dat menigten niet irrationeel zijn, en dat er geen speciale regels nodig zijn om het gedrag van mensen in groepen te beschrijven en te voorspellen.<sup>20</sup>

### Twee manieren

Er zijn ruwweg twee verschillende manieren om het gedrag van een menigte te modelleren. De eerste aanpak beschouwt een menigte als een verzameling identieke individuen die allen volgens simpele regels reageren op de omgeving en de gebeurtenissen.<sup>21</sup> De tweede aanpak beschouwt een menigte als een verzameling verschillende individuen die zijn uitgerust met een sociaal-cognitieve eigenschappen in hun systeem. Het is vooral de laatste aanpak die resulteert in voor training bruikbare crowd-modellen.<sup>22</sup>

In dat laatste geval hebben de gedragsmodellen van de virtuele leden van een crowd dezelfde architectuur als gedragsmodellen van individuele entiteiten, maar bevatten ze modules voor het verwerken van informatie uit de sociale en de culturele context.<sup>23</sup> Een belangrijk aspect van de dynamiek van crowds dat hiermee kan worden gemodelleerd is het fenomeen 'emotional contagion': het proces waarbij de emotionele toestand van een handjevol personen (bijvoorbeeld een staat van paniek of agressie) de emoties van de omringende personen beïnvloedt, die op hun beurt ook weer anderen beïnvloeden. Als gevolg hiervan kan het proces in een stroomversnelling geraken en uiteindelijk effect hebben op een hele mensenmassa. Een bekend voorbeeld van zo'n proces is het Damschreeuwer-incident tijdens de nationale dodenherdenking in 2010.<sup>24</sup> Bosse et al beschrijven hoe de dynamiek van dit incident kan worden gesimuleerd met behulp van crowd-modellen die zijn uitgebreid met sociaal-cognitieve factoren.

19 Zie Buiel et al. Inzetmogelijkheden van Serious Gaming voor Public Order Management Training. TNO report, 2008.

20 Adang, O. Hooligans, Autonomen, Agenten. Geweld en Politie-optreden in Relsituaties. Alphen aan den Rijn: Samson, 1998. Tevens: Schwarz, G., & Mosler, H. J. Investigating escalation processes in peace support operations: An agent-based model about collective aggression. In K. G. Troitsch (Ed.), *Representing Social Reality* (pp. 191-197). Koblenz: Fölbach, 2005.

21 Beni, G., Wang, J. Swarm. Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems, Tuscany, Italy, June 26-30, 1989.

22 Luo, L., Zhou, S., Cai, W., Low, M. Y. H., Tian, F., Wang, Y., ... & Chen, D. Agent-based human behavior modeling for crowd simulation. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 19 (2008) (3-4) 271-281. Tevens: Wijermans, N., Jorna, R., Jager, W., van Vliet, T., & Adang, O. CROSS: Modelling Crowd Behaviour with Social-Cognitive Agents. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16 (2013) (4) 1.

23 Bijvoorbeeld: Schwarz, G., & Mosler, H. J. Investigating escalation processes in peace support operations: An agent-based model about collective aggression In K. G. Troitsch (Ed.), *Representing Social Reality* (191-197). Koblenz: Fölbach, 2005. Man, J. de, Heuvelink, A., & Bosch, K. van den. A Cognitive Model for Social Role Compliant Behavior of Virtual Agents. In: *Intelligent Virtual Agents* (303-310). Held at: Santa Cruz, CA. Heidelberg: Springer, 2012. Bosch, K. van den, Kerbusch, P., & Schram, J. Modeling Cultural Behavior for Military Virtual Training, 2012. In: *Proceedings of the I/ITSEC conference*. Held at: Orlando, Florida.

24 Bosse, T., Hoogendoorn, M., Klein, M.C.A., Treur, J., Wal, C.N. van der, & Wissen, A. van. 'Modelling Collective Decision Making in Groups and Crowds: Integrating Social Contagion and Interacting Emotions, Beliefs and Intentions', 2013. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Journal* (27) 52-84.



### Weinig omstanders

Dit soort crowd models wordt nog nauwelijks gebruikt in trainingssimulatoren en (Serious) Games. Dat verklaart waarom er in de virtuele werelden van trainingsprogramma's vaak weinig omstanders aanwezig zijn. Of de virtuele werelden zijn bevolkt met virtuele spelers die zich als een soort zombies ophouden in de omgeving: onwetend van wat er om hen heen gebeurt, vertonen ze hun stereotiepe gedrag.

### Naar het effectief inzetten van gedragsmodellen voor training

In de wereld van simulatie is het modelleren van het gedrag van virtuele spelers een relatief nieuwe discipline. Hiervoor hebben we beschreven wat gedragsmodellen zijn. We bespraken voor vier typen van militaire trainingen hoe ze zouden kunnen worden toegepast. Het algemene beeld is dat gedragsmodellen veel mogelijkheden bieden voor simulatietraining omdat hiermee op flexibele wijze virtuele spelers kunnen worden ontwikkeld die geloofwaardig gedrag vertonen. Als gevolg hiervan zullen trainingssimulatoren op termijn effectiever en efficiënter worden. Om dat vooruitzicht voor Defensie te realiseren moeten verschillende stappen genomen worden. Hierna bespreken we beknopt enkele daarvan.

#### Stap 1

In de eerste plaats moet Defensie ervaring opbouwen in het doorlopen van het modelleerproces (zie figuur 2), zodat domeinexperts, gedragsdeskundigen en technici leren om gezamenlijk toepasbare gedragsmodellen te ontwikkelen, te gebruiken en te evalueren. Het ligt voor de hand om daarmee te beginnen voor trainingen in proceduretaken omdat daarmee al enige ervaring is opgedaan.<sup>25</sup> Ook de benodigde domeinkennis, methoden en tools zijn daarvoor grotendeels beschikbaar.

#### Stap 2

In de tweede plaats moet ervaring worden opgebouwd in het toepassen van de modelleer-cyclus voor trainingen in complexere taken, zoals tactische situatiebeoordeling en besluitvorming. Bij dit type taken wordt het gedrag in

veel grotere mate beïnvloed door de situationele context en door de eventuele afwezigheid of onzekerheid van informatie. Waarschijnlijk kunnen voor sommige toepassingen de benodigde gegevens over gedrag worden ontleend aan operationele ervaringen, of uit de literatuur. Maar het zal ook vaak nodig zijn om speciaal voor modelontwikkeling gegevens te verzamelen en te valideren.<sup>26</sup>

## Vaak worden virtuele werelden bevolkt door virtuele spelers die zich als een soort zombies gedragen

Een ander voorbeeld van een geschikte toepassing is de training in communicatie met (groepen) mensen uit andere culturen. Defensie investeert nu al in de verkenning van virtuele werelden waarmee die communicatie kan worden getraind.<sup>27</sup> Gedragsmodellen van de virtuele gesprekspartner(s) zijn nodig om in zulke virtuele werelden een realistisch en geloofwaardig gespreksverloop te realiseren. Afhankelijk van de leerdoelen moet het gedragsmodel verschillende factoren van invloed kunnen verwerken, zoals de culturele achtergrond van de virtuele gesprekspartner; diens sociale rol; de situationele context (bijvoorbeeld: wel of geen omstanders); het verbale en non-verbale gedrag van de trainee, enzovoort. De ontwikkeling van gedragsmodellen kan training in communicatietraining een enorme meerwaarde geven.

- 
- 25 Bosch, K. van den, & Boonekamp, R. 'Virtual Pilot: agent-based simulation for effective training', 2013. In: Proceedings of the NATO MSG Symposium on Advanced Technologies for Military Training, October 9-11, LaSpezia, Italy.
- 26 Mavor, A. S., & Pew, R. W. (Eds.). Modeling Human and Organizational Behavior: Application to Military Simulations. National Academies Press, 1998. Tevens: Zacharias, G. L., MacMillan, J., & Van Hemel, S. B. (Eds.) Behavioral modeling and simulation: from individuals to societies. National Academies Press, 2008.
- 27 Rozenberg-van Lisdonk. 'Virtueel culturele en sociale vaardigheden oefenen'. In: Materieelgezien, 2014 (5) <http://magazines.defensie.nl/materieelgezien/2014/05/artikel-contracten-codemo>.



*De interactie met mensen uit een andere cultuur verloopt volgens vaak ongeschreven omgangsregels. Gedragsmodellen kunnen helpen om die omgangsregels te oefenen in virtuele omgevingen*

### Stap 3

Een derde stap is om de kennis en ervaring bij het ontwerpen, toepassen en evalueren van gedragsmodellen te gebruiken voor standaardisatie. Dit is nodig om hergebruik van gedragsmodellen voor andere trainingen of andere (leer-)doelen mogelijk te maken. Ook is standaardisatie nodig om de koppeling van gedragsmodellen met andere systemen (bijvoorbeeld simulatoren, games, sensoren) te vereenvoudigen.

### Stap 4

Een vierde stap is het ontwikkelen van extra functionaliteit die instructeurs in staat stelt om gedragsmodellen op een effectieve manier voor training te gebruiken. Een voorbeeld van zo'n functionaliteit is de mogelijkheid om rekening te houden met specifieke leerdoelen. Hiervoor moeten expliciete mechanismen worden ontwikkeld, aangezien de leerdoelen van een training niet altijd overeenkomen met de doelen die een virtuele speler zelf heeft. Bijvoorbeeld, in het gedragsmodel van een virtueel teamlid kan de eigenschap zijn opgenomen om de commandant (gespeeld door

een trainee) te corrigeren als deze een fout maakt. In een bepaald geval kan een instructeur het echter belangrijk vinden dat een trainee de gevolgen van een gemaakte fout juist zelf ervaart. Dan is het nodig dat de virtuele speler de trainee niet onmiddellijk corrigeert. Om simulatietraining effectief te maken is het dus belangrijk dat virtuele spelers hun directe doelen vanuit hun rol in een scenario weten af te wegen met de hogere leerdoelen gezien vanuit de instructeur. Er is eerder onderzoek verricht naar dit principe waar Defensie op kan voortbouwen.<sup>28</sup>

Een ander voorbeeld van een functionaliteit waarmee het leereffect van simulatietraining kan worden vergroot is een virtuele speler die zijn gedrag zelf uitlegt. Tijdens een simulatietraining is het voor een trainee niet altijd duidelijk waarom een virtuele speler bepaald gedrag vertoont. Maar om van een training te kunnen leren, is het belangrijk dat de trainee begrijpt waarom de overige spelers doen wat ze doen. Virtuele spelers moeten zich dus niet alleen geloofwaardig gedragen, maar moeten daarnaast hun gedrag kunnen verklaren op een manier die nuttig is voor de trainee. Bijvoorbeeld: 'De vraag werd onvriendelijk gesteld en maakte mij boos'.

<sup>28</sup> Peeters, M.M.M. Personalized Educational Games – Developing agent-supported scenario-based training. PhD thesis, Utrecht University, 2014.

In recent werk zijn methoden bedacht waarmee gedragsmodellen verklaringen genereren aan de hand van onderliggende overtuigingen (kennis) en doelen van de virtuele speler.<sup>29</sup> Deze functie van virtuele spelers helpt trainees inzicht te krijgen in de relaties tussen gebeurtenissen, hun acties en de reacties van anderen daarop.

## Afsluiting

Defensie maakt voor de training van haar personeel veel gebruik van simulaties. In een simulatie kunnen trainees hun taken leren in een interactieve en realistische oefenomgeving en zo direct de gevolgen van hun acties ervaren. In de huidige trainingspraktijk besturen collega's en instructeurs vaak de virtuele personages. De inzet van echte mensen werkt goed omdat zij adequaat kunnen reageren op gebeurtenissen en daarbij hun gedrag zo kiezen dat de trainee de leerdoelen kan behalen. Een nadeel is dat deze werkwijze duur is, planning vergt, en trainingen moeilijker te organiseren maakt.

Gedragsmodellen kunnen de doelmatigheid van simulatietrainingen vergroten. Het is hiermee mogelijk om vaker en zelfstandiger te trainen omdat er minder personeel nodig is. Ook zorgen gedragsmodellen voor vaste, gecontroleerde oefenscenario's. Voor sommige trainingen volstaan gedragsmodellen op basis van scripts of input-output regels. Maar voor veel andere trainingen is het gedrag dat voortkomt uit zulke modellen te stereotiep en onvoldoende geloofwaardig.

## Veel belangstelling

Voor het genereren van flexibel en realistisch gedrag is het beter om gedragsmodellen te ontwikkelen op basis van interne toestanden van een virtuele speler. Er is internationaal veel belangstelling voor de ontwikkeling van zulke gedragsmodellen, vanuit verschillende sectoren die elk een eigen invalshoek en belangen hebben. In de academische wereld bijvoorbeeld ligt het accent op artificiële intelligentie en op bestudering van menselijk gedrag. De game-industrie wil virtuele spelers die hun spellen

aantrekkelijker maken zodat gebruikers een spel vaker en langer willen spelen. Professionele opleidingsorganisaties, zoals Defensie, hebben behoefte aan goede gedragsmodellen om daarmee de geloofwaardigheid en het rendement van simulatietrainingen te vergroten.<sup>30</sup>

## Leren van elkaar

Natuurlijk kunnen alle partijen veel van elkaar leren. Defensie kan bijvoorbeeld goed gebruik maken van wetenschappelijke studies naar menselijk gedrag en van technieken en tools uit de industrie. Helaas levert die combinatie geen kant-en-klare pakketten op voor de doeleinden van Defensie. Eigen investeringen in kennis, technologie en ervaringen zijn nodig om ervoor te zorgen dat gedragsmodellen tot betere en effectievere trainingen leiden. ■

## Overige literatuur

- Cassell, J., Pelachaud, C., Badler, N., et al. 'Animated Conversation: Rule-based generation of facial expression, gesture and spoken intonation for multiple conversational agents', 1994. In: Proceedings of SIGGRAPH 94
- Core, M. G., Lane, H. C., Van Lent, M., Gomboc, D., Solomon, S., & Rosenberg, M. 'Building explainable artificial intelligence systems', 2006. In: Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence 21 (2) 1766. Menlo Park
- Egges, A., Kshirsagar, S., and Magnenat-Thalmann, N. 'Generic personality and emotion simulation for conversational agents'. Computer Animation and Virtual Worlds 15, 1 (January 2004) 1-13
- Frank, G., Guinn, C., Hubal, R., Pope, P., Stanford, M., and Lamm-Weisel, D. (2002). 'JUST-TALK: An Application of Responsive Virtual Human Technology'. In: Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation and Education Conference, Orlando, FL
- Gladwell, M. Blink: The Power of Thinking Without Thinking. Little Brown & Company, 2005
- Gratch, J., and Marsella, S. EMA: A process model of appraisal dynamics. In: Journal of Cognitive Systems Research 10 (1) (2009) 70-90
- Klein, M.C.A. Introduction to Modelling and Simulation. VU University Amsterdam, Technical Report, 2007

- 29 Harbers, M., Bosch, K. van den, & Meyer, J. J. Ch. 'Design and Evaluation of Explainable BDI Agents', 2010. In: Proceedings of the International Conference on Intelligent Agent Technology (125-132). Held at: Toronto, Canada. WI-IAT. Tevens: Harbers, M., Bosch, K. van den, & Meyer, J. J. Ch. Modeling agents with a theory of mind: Theory-theory versus simulation theory, 2012. Journal of Web Intelligence and Agent Systems, 10 (3).
- 30 Op initiatief van JIVC/KIXS onderzoekt Defensie momenteel hoe gedragsmodellen kunnen bijdragen aan een betere inzet van simulatiemiddelen. Daarbij wordt gekeken naar toepassingen voor training, missiepreparatie, operationele analyse en besluitvormingsondersteuning. De uitkomsten van een defensiebrede verkenning worden vastgelegd in een 'roadmap', waarin tevens wordt vastgesteld welke kennis- en technologieontwikkelingen nodig zijn om de toepassingen te kunnen realiseren.