

VU Research Portal

Cognitive Models for Training Simulations

Heuvelink, A.

2009

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Heuvelink, A. (2009). *Cognitive Models for Training Simulations*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Proefschrift Samenvatting

In dit proefschrift, getiteld “Cognitieve modellen voor trainingssimulaties”, hebben we onderzoek gedaan naar modellen van de menselijke cognitie met de achterliggende vraag hoe zulke cognitieve modellen kunnen bijdragen aan de training van personen in gesimuleerde omgevingen. In het bijzonder hebben we gekeken naar de vraag of cognitieve modellen gebruikt kunnen worden om de mensen te vervangen die nu vaak nodig zijn voor simulatietraining (instructeurs en rollenspelers).

In **hoofdstuk 1** wordt de motivatie voor dit onderzoek uitvoerig beschreven en verkennen we de ambitie om mensen in trainingssimulaties te vervangen door intelligente software, ook wel ‘agenten’ genoemd. Uit die verkenning zijn drie onderzoeksvragen voortgekomen. De eerste onderzoeksvraag is: *Hoe kan een cognitieve agent gedrag vertonen dat net zoals het gedrag van mensen variabel en foutgevoelig kan zijn?* Mensen gedragen zich namelijk lang niet altijd rationeel, maar laten zich - vaak onbewust - leiden door allerlei interne en externe omstandigheden. Als we de effecten van deze omstandigheden op gedrag goed kunnen representeren in een model, dan kunnen we dit model vervolgens gebruiken om agenten te bouwen die zich ‘menselijk’ gedragen. Het onderzoek naar deze eerste vraag vormt het grootste deel van dit proefschrift. De tweede onderzoeksvraag is: *Hoe kunnen capaciteiten van cognitieve agenten beschreven worden?* Deze vraag is relevant omdat voor het kosteneffectief ontwikkelen van cognitieve agenten het belangrijk is dat eerder ontwikkelde capaciteiten hergebruikt kunnen worden. De derde onderzoeksvraag heeft betrekking op een functie die normaliter een instructeur in een simulatietraining vervult: *Hoe kan een agent terugkoppeling geven op het taakresultaat én op de taakuitvoering van een student?*

We hebben deze drie vragen voornamelijk onderzocht binnen het domein van de Nederlandse marine. In de inleiding gaan we daarom ook kort in op het militaire domein, met name op het begrip *situational assessment*, dat situatiebeoordeling betekent en wat leidt tot *situational awareness*, oftewel situationeel bewustzijn. Situatiebeoordeling ligt ten grondslag aan vele militaire taken en wordt dan ook uitvoerig getraind.

In **hoofdstuk 2** geven we een overzicht van bestaand onderzoek dat gerelateerd is aan onze onderzoeksvragen. Vooral studies uit de cognitiewetenschappen en de kunstmatige intelligentie zijn voor dit proefschrift van belang. De cognitiewetenschap doet voornamelijk empirisch-experimenteel onderzoek naar het gedrag van mensen en ontwikkelt modellen op basis van die bevindingen. Dit verschilt van de modellen en instrumenten ontwikkeld binnen de kunstmatige intelligentie: deze zijn doorgaans slechts geïnspireerd door de menselijke cognitie.

In **hoofdstuk 3** onderzoeken we hoe we het menselijk vermogen om een situationeel bewustzijn op te bouwen zo kunnen modelleren dat een cognitieve agent dat ook kan. Mensen interpreteren een situatie in de wereld door gebruik te maken van allerlei typen informatie, zoals observaties, kennis-van-de-wereld, verwachtingen, enzovoort. Om dit soort informatie te representeren binnen een agent maken we gebruik van *beliefs*, dat letterlijk vertaald overtuigingen betekent. Het woord overtuiging geeft aan dat het geen feiten zijn waarmee geredeneerd wordt, maar interpretaties van feiten. Aan elk van deze overtuigingen verbinden we dan ook een zekerheidswaarde, bron en tijdslabel. Met behulp van deze extra informatie kunnen we de agent zo met zijn overtuigingen om laten gaan, dat die in meer of mindere mate beïnvloed kunnen worden door interne en externe omstandigheden. Met behulp van een historisch voorbeeld tonen we aan dat het met onze aanpak mogelijk is een typisch menselijke foutieve situatiebeoordeling na te bootsen. Vervolgens gebruiken we deze aanpak om een tactische beeldopbouwer van de marine te modelleren. Dit model hebben we geïmplementeerd in de cognitieve architectuur ACT-R. De resulterende agent kan een tactisch beeld opbouwen op zowel een rationele, alsook op een meer menselijke manier. Om te laten zien dat het door ons ontwikkelde model generiek is en niet gebonden is aan een specifieke architectuur, hebben we de agent geherimplementeerd in Soar, een andere cognitieve architectuur.

In **hoofdstuk 4** presenteren we onderzoek naar hoe een agent op een menselijke manier overtuigingen kan opslaan en herinneren. In hoofdstuk 3 legden we uit dat een agent met behulp van overtuigingen zich een beeld van de wereld kan vormen. Dit beeld is niet statisch, maar dynamisch, waarbij de ene overtuiging de andere kan overschrijven. Gedateerde overtuigingen blijven wel bewaard, zodat er geredeneerd kan worden over gebeurtenissen in de tijd (de vaarrichting van een schip kan bijvoorbeeld afgeleid worden uit twee overtuigingen over diens positie). Het opslaan van gedateerde overtuigingen heeft echter wel tot gevolg dat er een onhanteerbare grote hoeveelheid overtuigingen ontstaat, die bijvoorbeeld de in het vorige hoofdstuk geïntroduceerde beeldopbouwagent zienderogen deed vertragen. In dit hoofdstuk stellen we dan ook twee mechanismen voor om de hoeveelheid overtuigingen waarmee de agent kan redeneren hanteerbaar te houden. Het eerste mechanisme betreft de bewerking van specifieke overtuigingen tot

a) samengestelde overtuigingen (bijv. een overtuiging over de maximale snelheid van een schip uit een set van overtuigingen over de snelheid van dat schip) en b) tot geabstraheerde overtuigingen (bijv. een overtuiging dat een schip snel heeft gevaren, zonder precies te weten hoe snel of wanneer dat was). Het tweede mechanisme betreft de toekenning van een activatiewaarde aan overtuigingen. De activatiewaarde is afhankelijk van hoe vaak en hoe recent een overtuiging gebruikt is en bepaalt of de agent de overtuiging nog uit zijn geheugen kan oproepen of niet. Aan de hand van een voorbeeld demonstren we de werking van het geheugenmodel. Hierbij focussen we ons op de mogelijkheid van het model om preciese gedetailleerde redeneringen te ondersteunen, als ook grovere, minder accurate gedachtestappen.

In **hoofdstuk 5** onderzoeken we hoe we kunnen modelleren dat het gedrag van cognitieve agenten, net zoals dat van mensen, in meer of mindere mate beïnvloed wordt door interne en externe omstandigheden. De eerder ontwikkelde componenten voor de overtuigingen en het geheugen van een cognitieve agent zijn in staat om dit gedrag te ondersteunen, maar ze zijn niet gebouwd om te bepalen welk gedrag optreedt. In dit hoofdstuk ontwikkelen we allereerst een component die dit kan bepalen. Uit de cognitiewetenschap is bekend dat het gedrag van mensen op een hoog niveau beïnvloed wordt door de doelen die iemand zichzelf stelt. Hoe iemand vervolgens uiting geeft aan deze doelen is afhankelijk van de omstandigheden, bijv. van de taaklast en de tijdsdruk. Om dit te modelleren hebben we twee mechanismen ontwikkeld. Het eerste mechanisme bestaat uit een deliberatiemodel waarmee de agent bepaalt - op basis van zijn doelen, de beschikbare cognitieve denkkraft en het stressniveau - welke cognitieve processen worden uitgevoerd. Het tweede mechanisme is een stressmodule die berekent hoeveel stress er optreedt als functie van de cognitieve taakbelasting. Met deze mechanismen tezamen kunnen we een dynamisch stressniveau creëren. Aan de hand van een voorbeeld laten we zien dat een agent onder hoge stress andere keuzes maakt (in het bijzonder cognitief 'goedkopere' redeneeracties kiest, die mogelijk tot een foutieve situatiebeoordeling leiden) dan wanneer hij geen of weinig stress ervaart.

Een groot deel van de menselijke cognitie bestaat uit het afleiden van informatie uit andere informatie. Als een agent een specifieke redeneerregel heeft gekozen om zijn doel te bereiken (bijv. het bepalen van de snelheid van een schip door deze af te leiden uit twee overtuigingen over diens positie met verschillende tijdslabels) dan is het voor het uitvoeren van zo'n regel nodig dat bepaalde informatie beschikbaar is (in dit geval de twee overtuigingen over de positie van het schip). De tweede component die we in dit hoofdstuk ontwikkelen heeft als functie om te bepalen hoe dit type informatie het beste beschikbaar gemaakt kan worden, namelijk a) door het te observeren in de wereld of b) door het op te halen uit het geheugen. Om te onderzoeken wat mensen doen, hebben

we een experiment opgezet met een taak waarin specifieke informatie nodig is die op verschillende manieren verkregen kon worden. Het experiment bestond uit twee condities: in de ene conditie waren de kosten van het opvragen van informatie in de wereld groter dan de kosten van het maken van fouten, in de andere conditie was het omgekeerde het geval. Op basis hiervan verwachtten we verschillend gedrag te zien, maar dit bleek niet zo te zijn. Naar aanleiding van dit resultaat hypothetiseren we dat mensen voor deze taak niet in staat zijn om door middel van een rationele kosten-baten analyse een keuze te maken tussen de mogelijke acties, maar dat mensen deze keuze bepalen door een andere, heuristische taakstrategie. Om dit te onderzoeken hebben we verschillende taakstrategieën gemodelleerd en hebben we een cognitieve agent geïmplementeerd die aan de hand van een bepaalde strategie de taak uitvoert. Om onze hypothese te toetsen hebben we de empirische gegevens van de mensen met de data van de agent vergeleken. Uit deze vergelijking bleek dat het gedrag van de mensen dankzij de ontwikkelde taakstrategieën redelijk door de agent nagebootst kon worden, maar dat er voor het maken van een compleet juist model nog verder onderzoek nodig is.

In **hoofdstuk 6** doen we onderzoek naar het kosteneffectief ontwikkelen van cognitieve agenten. Eén van de motivaties voor het onderzoek gepresenteerd in dit proefschrift is dat met cognitieve modellen mogelijk rollenspelers, die doorgaans nodig zijn voor simulatietraining, vervangen kunnen worden. Als we met cognitieve agenten de menselijke inzet kunnen verminderen, kan dit een aanzienlijke kostenbesparing opleveren, maar dan moeten die agenten wel op een kosten-efficiënte manier ontwikkeld kunnen worden. Eén manier om kosten te drukken is het hergebruik van eerder ontwikkelde (componenten van) agenten. Een belangrijke voorwaarde voor hergebruik van ontwikkelde componenten is een juiste specificatie van hun inhoud, zodat ze op basis daarvan later weer geselecteerd kunnen worden. In dit hoofdstuk doen we het voorstel om componenten van cognitieve agenten te specificeren aan de hand van de cognitieve capaciteiten die ze bezitten. Om dit gestandaardiseerd te doen, hebben we een structuur ontwikkeld om cognitieve capaciteiten te beschrijven en wel aan de hand van hun eigenschappen. We demonstren de structuur door een aantal van de componenten van de beeldopbouwagent uit hoofdstuk 3 te beschrijven.

In **hoofdstuk 7** bespreken we hoe cognitieve modellen gebruikt kunnen worden om de rol van instructeur in een simulatietraining door een intelligente agent te laten vervullen. De taak van een instructeur is het geven van terugkoppeling op het taakgedrag van een student, zodat deze zijn taakkennis kan vergroten. Een voorwaarde voor het geven van zo'n terugkoppeling is het maken van een inschatting van de correctheid waarmee de student zijn taak uitvoert. Zo'n inschatting maakt een instructeur door het gedrag van de student te observeren en deze te relateren aan zijn kennis over juist en foutief gedrag.

Om dit gedrag van de instructeur te modelleren, maken we gebruik van cognitieve modellen. In het bijzonder hebben we in dit hoofdstuk een intelligente agent ontwikkeld die gegevens verzamelt over het taakgedrag van de student en deze vergelijkt met het gedrag van een verzameling cognitieve modellen. Eén daarvan is een expertmodel die de taak correct uitvoert; de andere cognitieve modellen zijn in meer of mindere mate onjuist (bijv. doordat er bepaalde essentiële taakkennis mist, of doordat er onjuiste redeneringen in gebruikt worden) en leiden mogelijk tot foutief gedrag. Aan de hand van deze vergelijkingen komt de agent tot een inschatting van het taakgedrag van de student en geeft op basis daarvan een bijpassende terugkoppeling. Om onze intelligente agent te toetsen hebben we gebruik gemaakt van gesimuleerde studenten, die elk een bepaald type fout representeerden. Uit de evaluatie bleek dat de agent praktisch alle gemaakte denkfouten juist kon diagnostiseren.

In **hoofdstuk 8** tenslotte vatten we het onderzoek uit dit proefschrift samen en trekken we conclusies over de toepassingsmogelijkheden van cognitieve modellen voor trainingssimulaties. Tevens inventariseren we welke vervolgonderzoeken nodig zijn, zowel voor de korte als voor de lange termijn.