



Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

www.tno.nl

T 0346 356 211
F 0346 353 977
Info-DenV@tno.nl

TNO-rapport

TNO-DV 2006 A198

**Prestatiemeting SE: Zoekprestatie bij
geïstrumenteerd zien**

Datum	juli 2006
Auteur(s)	drs. M. van der Hoeven dr. A. Toet ing. M.G. Brandsma
Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Vastgesteld door	Maj J.J. Admiraal
Vastgesteld d.d.	30-06-2006
Titel	Ongerubriceerd
Managementuittreksel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	Ongerubriceerd
Bijlagen	Ongerubriceerd
Exemplaarnummer	8
Oplage	15
Aantal pagina's	23 (incl. bijlage, excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen	1

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited

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.

© 2006 TNO

AQ F06-12-0468

Prestatiemeting SE: Zoekprestatie bij geïnstrumenteerd zien



Resultaten en conclusies

Uit de zoektijden bleek dat er geen effect van resolutie was. Zoekveldgrootte en opvallendheid van het doel bleken echter erg belangrijk te zijn voor de lengte van de zoektijden. Grotere zoekvelden bleken significant langere zoektijden op te leveren. Hetzelfde gold voor een kleinere opvallendheid. Verder bleek de afname van zoektijd bij een kleinere opvallendheid minder in het geval de zoekveldgrootte kleiner is.

Probleemstelling

In de militaire praktijk spelen visueel zoeken en detectie van doelen een belangrijke rol. In deze studie probeert TNO Defensie en Veiligheid de vraag te beantwoorden welke factoren in welke mate van invloed zijn op de zoekprestatie uitgedrukt in zoektijden. 's Nachts worden instrumenten gebruikt om doelen te detecteren (helderheidsversterker, warmtebeeldcamera). Deze instrumenten hebben bepaalde beperkingen zoals resolutie, field-of-view en opvallendheid. Het is belangrijk te weten welke van deze factoren van invloed zijn op de zoekprestatie. Een andere factor die van belang zou kunnen zijn voor de zoekprestatie is de grootte van het af te zoeken veld. In deze studie worden al deze factoren meegenomen.

Beschrijving van de werkzaamheden

Om bovengenoemde vraag te beantwoorden is een experiment gedaan. Het experiment maakte gebruik van geprojecteerde foto's. Deze foto's werden op een groot uit drie delen bestaand scherm geprojecteerd. De zoekveldgroottes waren 45°, 90° en 135°. De gezichtsveldgroottes waren 40° en 200° (normale gezichtsveldgrootte). De resolutie van de originele scènes was in twee stappen gedegradeerd door interpolatie en subsampling. Elke proefpersoon moest in totaal 540 scènes afzoeken verdeeld over 54 condities (3 verschillende FOR-groottes, 3 resoluties, 2 FOV-groottes en 3 verschillende opvallendheden). De proefpersonen moesten zo snel mogelijk een doel vinden. Op het moment van detectie moest men op een knop drukken en het doel met een laserpointer aanwijzen. De zoektijden werden daarna geanalyseerd.

Contact en rapportinformatie

PROGRAMMA	PROJECT
Programmabegeleider LKol H. Wendrich, DMO/Directiebeleid/DR&D	Projectbegeleider Maj J.J. Admiraal, DMO/DMKL, LBBKL, KPU-bedrijf
Programmaleider dr. W.A. Lotens, TNO Defensie en Veiligheid	Projectleider ing. M.G. Brandsma, TNO Defensie en Veiligheid
Programmatitel Soldaat Effectiviteit	Projecttitel SE prestatiemeting, wp1
Programmanummer V025	Projectnummer 013.65044.01
Programmaplanning Start 01-01-2004 Gereed 31-12-2006	Projectplanning Start 01-01-2005 Gereed 01-02-2006
Frequentie van overleg -	Projectteam drs. M. van der Hoeven dr. A. Toet dhr. J.J. Kriekaard ing. M.G. Brandsma

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

T 0346 356 211
F 0346 353 977

Info-DenV@tno.nl

TNO-rapportnummer
TNO-DV 2006 A198

Opdrachtnummer
-

Datum
juli 2006

Auteur(s)
drs. M. van der Hoeven
dr. A. Toet
ing. M.G. Brandsma

Rubricering rapport
Ongerubriceerd

Samenvatting

Deze studie onderzoekt het menselijk visueel zoeken als functie van Field of Regard (FOR) grootte, Field of View (FOV) grootte, resolutie, en opvallendheid van het doel. Proefpersonen moesten in een experiment zoeken naar doelen in geprojecteerde digitale foto's. De FOR groottes waren 45°, 90° en 135°. De FOV groottes waren 40° en 200° (normale gezichtsveld grootte). De resolutie van de originele scènes was in twee stappen gedegradéerd door interpolatie en subsampling. Elke proefpersoon moest in totaal 540 scènes afzoeken verdeeld over 54 condities (3 verschillende FOR groottes, 3 resoluties, 2 FOV groottes en 3 verschillende opvallendheden). De detectietijd werd geregistreerd. De resultaten laten zien dat zoekprestatie direct gerelateerd is aan FOR grootte (hoe groter de FOR hoe langer de zoektijden), terwijl FOV grootte minder invloed op de zoektijden lijkt te hebben. Verder bepaalt de opvallendheid van het doel voor een groot deel de zoekprestatie, waarbij kleine opvallendheden voor lange zoektijden zorgen en grote opvallendheden voor korte zoektijden. De verkorting van zoektijden als de opvallendheid groter wordt is uitgesprokener bij grotere FORs (135°) dan voor kleinere FORs (45°). Het lijkt er verder op dat resolutie geen grote invloed heeft op zoekprestatie. Dit kan echter ook betekenen dat de resolutie niet voldoende varieerde in dit experiment. Concluderend kunnen we zeggen dat visuele zoekprestatie vooral bepaald wordt door de grootte van het zoekveld en door de opvallendheid van het doel. Opvallendheid van het doel is daarbij de factor met de meeste impact op de zoekprestatie.

Summary

This study investigates human visual search as a function of Field of Regard (FOR) size, Field of View (FOV) size, resolution, and target conspicuity. An experiment was performed in which participants searched for targets in realistic scenes. The FOR sizes were respectively 45 degrees, 90 degrees, and 135 degrees. The FOV sizes were 200 degrees, and 40 degrees. The resolution of the original scenes was degraded in two steps by subsampling and interpolation. Each participant searched a total of 540 scenes in 54 conditions (3 different FORs, 3 different resolutions, 2 FOVs, 3 conspicuities). Time to detection was recorded. The results show that search performance is directly related to Field-of Regard size, while the size of the Field of View appears to have less impact on search times. Furthermore, target conspicuity also determines search performance, with high conspicuities giving short search times and low conspicuities giving long search times. The decrease in search times with increasing target conspicuity is sharper for large Field of Regards (135 degrees) than for small Field of Regards (e.g. 45 degrees). Furthermore, it seems that resolution does not have a strong influence on search performance. However, this may also indicate that the resolution degradations used in this experiment were not sufficient to show an effect on search performance.

We conclude that visual search performance is mainly determined by the size of the search area, and not so much by the size of the instantaneous Field of View. Furthermore, conspicuity is the most important factor in visual search.

Inhoudsopgave

	Managementuittreksel	2
	Samenvatting.....	4
	Summary	5
1	Inleiding.....	7
1.1	Field of Regard (FOR)	7
1.2	Field of View (FOV).....	8
1.3	Opvallendheid.....	8
2	Experimentele opzet.....	10
2.1	Zoekplaten	10
2.2	De resolutie.....	11
2.3	Opvallendheid.....	11
2.4	De opstelling	12
3	Resultaten.....	15
3.1	Relatie met het SCOPE zoekmodel	17
4	Discussie en conclusies	18
4.1	Gezichtsveld	18
4.2	Zoekveld.....	18
4.3	Opvallendheid.....	18
4.4	Resolutie	19
5	Referenties.....	20
6	Ondertekening	21
	Bijlage(n)	
	A Tabel opvallendheden	

1 Inleiding

In de militaire praktijk spelen visueel zoeken en detectie een grote rol. Belangrijke factoren hierin zijn: grootte van de af te zoeken sector (field of regard, FOR), grootte van het gezichtsveld (field of view, FOV), resolutie, en opvallendheid van het doel. Om een goede keuze te maken in materiaal, en inzet van personen is het belangrijk om te weten hoe al deze factoren op elkaar ingrijpen.

Binnen het programma 'Soldaat Effectiviteit' (V205) wordt een simulatiemodel, SCOPE, ontwikkeld dat gebruikt kan worden om uitspraken te doen over de effectiviteit van het soldaat- en groepsoptreden. Voor de ontwikkeling van dit model is het noodzakelijk om relaties tussen variabelen op het juiste detailniveau in het model te implementeren. Aangezien niet alle noodzakelijke relaties bekend zijn, worden in het project 'SE prestatiemeting' met behulp van simpele experimenten onbekende relaties in kaart gebracht. Het werkpakket 'Geïstrumenteerd Zien' is dan ook gedefinieerd met als doel het verkrijgen van inzicht in de verschillende factoren die een rol spelen bij de zoekprestatie met en zonder zichtmiddelen en te bekijken hoe deze factoren eventueel op elkaar ingrijpen.

Een militair op een uitkijkpost heeft meestal een bepaalde sector die hij in de gaten moet houden (field of regard, FOR). Als men er vanuit gaat dat men zijn hele omgeving moet observeren/verkennen is dit veld 360°. Met twee verkenners zou de te verkennen sector al gehalveerd worden. Met vier verkenners is dit veld zelfs nog maar 90°. Het is belangrijk om eventuele ongeregeldheden/vijanden zo snel mogelijk te zien en om zo snel mogelijk op een eventuele dreiging te kunnen reageren. Om deze reden is het belangrijk te weten hoe snel, afhankelijk van de grootte van het zoekveld en opvallendheid van het object, het doel gedetecteerd kan worden.

Als men gebruik maakt van hulpmiddelen (helderheids versterker, warmtebeeld, en vergroterend vizier) terwijl men een veld afzoekt, zullen deze tijden echter weer anders worden, afhankelijk van gezichtsveld grootte (field of view) en resolutie. Om niet elk apparaat afzonderlijk te moeten testen zullen we apart bekijken hoe de zoektijden afhangen van een aantal eigenschappen van de apparaten (opvallendheid, resolutie, FOV) om zo uitspraken te kunnen doen over apparaten uitgaande van hun technische specificaties. Er wordt in deze studie dus een duidelijk onderscheid gemaakt tussen gezichtsveld en zoekveld, gezichtsveld is afhankelijk van het apparaat en zoekveld van de omgeving en omstandigheden.

1.1 Field of Regard (FOR)

De field of regard is hier gedefinieerd als dat gedeelte van de wereld dat men af moet zoeken of in de gaten moet houden. Dit veld wordt uitgedrukt in graden en kan kleiner zijn dan het gezichtsveld (denk aan het computerbeeldscherm) of groter zijn dan het gezichtsveld (denk aan een verkenner met een nachtzichtkijker voor zijn oog). Als we het over groottes van zoekvelden hebben, spreken we het dus over de field of regard. In deze studie kiezen we voor zoekvelden met bepaalde afmetingen omdat deze, of in de praktijk veel voorkomen of omdat er een praktische keuze gemaakt moest worden. De zoekvelden die we voor dit experiment hebben gekozen zijn: 45°, 90° en 135°.

1.2 Field of View (FOV)

Het gezichtsveld of Field of View (FOV) is dat gedeelte van de wereld dat bekeken kan worden zonder hoofd of ogen te bewegen. Het normale gezichtsveld van een mens is ongeveer 200° vooruit gericht. Nachtzichtkijkers en warmtebeeld camera's hebben echter een veel kleiner gezichtsveld. Een nachtzichtkijker heeft een FOV van circa 40° en een warmtebeeldcamera heeft meestal een nog kleinere FOV. Dit kan invloed hebben op het zoeken van doelen. Uit de literatuur is bekend dat een gelimiteerde FOV invloed heeft op navigatie prestatie [Dolezal, 1980; Alfano & Michel, 1990; van der Hoeven & Toet, 2005]. Ook naar het zoeken van doelen met een beperkte FOV is onderzoek gedaan. Piantanida et al. (1992) concluderen dat hoe kleiner de FOV hoe langer de zoektijden, dit is ook de conclusie van Wells (1990). Bij deze onderzoeken werd echter vooral kleine FOV's onderzocht in vergelijking met het normale gezichtsveld. Door de factor FOV mee te nemen in deze studie willen we bekijken of deze factor de zoekprestatie inderdaad zo sterk beïnvloedt of dat dit alleen met kleine gezichtsvelden het geval is. Vervolgens kan er ook bekeken worden hoe gezichtsveld grootte ingrijpt op de andere te onderzoeken factoren. In deze studie wordt gekeken naar de zoekprestatie met een gezichtsveld van 40° en een gezichtsveld van (ongeveer) 200°. De reden dat er voor deze groottes gekozen is, is dat veel nachtzichtkijkers een gezichtsveld van 40° hebben en het menselijke gezichtsveld ongeveer 200° is.

1.3 Opvallendheid

In deze studie wordt onder andere bekeken in welke mate en hoe zoekprestatie afhangt van de opvallendheid van een doel. Hierbij wordt een maat gehanteerd die door TNO is ontwikkeld en waarmee de opvallendheid van doelen in een omgeving te bepalen is [Toet & Kooi, 1999]. Deze maat kan snel worden verkregen en er is maar een gering aantal waarnemers nodig om tot goede resultaten te komen. Voor statische beelden is aangetoond dat deze maat sterk gerelateerd is aan zoekprestatie [Toet et al. 1998a, 1998b]. Er kan worden verondersteld dat opvallendheid mede bepalend is voor de zoektijden met verschillende FORs, FOVs en resoluties.

1.3.1 Methode opvallendheidsmeting

Het opvallendheidsgebied is gedefinieerd als het gebied rond het doel waarbinnen het doel de aandacht trekt, omdat het verschilt van de achtergrond. Figuur 1 illustreert het opvallendheidsconcept. De cirkel stelt het opvallendheidsgebied voor van het doel. De straal ervan komt overeen met de maximale afstand tussen oogfixatie en doel waarbij men het doel nog van de achtergrond kan onderscheiden. Het bepalen van de opvallendheid gaat als volgt. Eerst inspecteert de waarnemer het doel. Daarna kijkt de waarnemer naar een punt op grote afstand van het doel. De afstand is hierbij zodanig groot dat het doel niet kan worden gedetecteerd. De waarnemer fixeert vervolgens punten die steeds dichterbij het doel liggen tot hij/zij het doel kan waarnemen vanuit de ooghoeken (perifere gezichtsveld). De afstand waarop het doel voor het eerst wordt waargenomen wordt gemeten en de afstand van de waarnemer tot het doel wordt gemeten. Uit deze twee maten kan men een hoek berekenen. Deze hoek wordt als maat voor de opvallendheid gebruikt.



Figuur 1 Illustratie van het opvallendheidsconcept. De cirkel stelt het opvallendheidsgebied voor en de hoek tussen het fixatie punt van de waarnemer en het doel geldt als maat voor opvallendheid. De opvallendheid komt overeen met de maximale hoek tussen doel en fixatie waarbij men het doel nog kan onderscheiden van de achtergrond.

Uiteindelijk moeten al deze factoren samen komen. Er kan op deze manier een uitspraak over de individuele factoren worden gedaan en bovendien kan er bekeken worden hoe de verschillende factoren op elkaar inwerken.

2 Experimentele opzet

Aan het experiment deden in totaal 10 proefpersonen mee, hun leeftijden varieerden van 18 jaar tot 28 jaar. Deelname aan het experiment was vrijwillig en tegen een geldelijke vergoeding. De proefpersonen hadden allemaal normaal zicht en geen van de proefpersonen was kleurenblind.

Het experiment bestond uit 54 condities. Per conditie kreeg men 10 zoekplaten te zien wat het totaal aan zoekplaten op 540 bracht. Het experimentele ontwerp zag er als volgt uit:

Onafhankelijke variabele:

- Field of Regard (FOR; 45°, 90° en 135°).
- Field of View (FOV; 40° en 200° (volledig)).
- Resolutie (oorspronkelijke resolutie geprojecteerde beeld, factor 1,5 en factor 2 lager).
- Opvallendheid (<4°, 4°-15°, 15°+).

Hierbij werd de zoektijd gemeten in ms. De zoektijd was gedefinieerd als het moment dat men de zoekplaat in beeld kreeg tot het moment dat men de knop indrukte. Hiermee gaf men aan dat het doel gevonden was.

Bij binnenkomst kregen de proefpersonen de proefpersooninstructie te lezen, aangevuld met mondelinge instructies. Voor het experiment begon werden afbeeldingen van het doel gepresenteerd. Deze afbeeldingen waren ook tijdens het experiment beschikbaar voor de proefpersoon. De proefpersoon zat in het midden voor de schermen waarop de foto's werden geprojecteerd met zijn gezicht er naartoe. De ruimte was volledig donker gemaakt op het licht van de geprojecteerde foto na. De volgorde van de condities hing af van de proefpersoon, dit was gedaan om een goede balancerings van het experiment te verkrijgen en op deze wijze leereffecten in de data te vermijden. Het experiment begon zodra de proefleider met een druk op de enter knop de eerste zoekplaat liet verschijnen. Het verschijnen van elke zoekplaat werd ingeluid met een auditief signaal. Op het moment van verschijning van de zoekplaat ging de tijd lopen. Op het moment van signalering van het doel moest de proefpersoon op een knop drukken, om op deze manier de tijd te stoppen. Vervolgens wees de proefpersoon met een laserpointer het doel aan. Op deze wijze kon de proefleider controleren of het doel ook daadwerkelijk was gevonden. Met een druk op de knop van de proefleider kwam vervolgens de volgende zoekplaat in beeld. De proefpersonen werd verteld dat een doel altijd herkenbaar was als zodanig en dat pas bij een positieve identificatie op de knop gedrukt mocht worden, op deze manier werd het aantal foutieve identificaties beperkt. In totaal was een proefpersoon tussen de 2 en 3 uur met het experiment bezig, dit is inclusief de pauzes die men hield.

2.1 Zoekplaten

De zoekplaten bestonden uit geprojecteerde digitale foto's van landschappen en stadsscènes met daarin een doel (zie figuur 2, 3 & 4). Dit doel was altijd dezelfde persoon. Deze persoon kon verschillend gekleed gaan. Echter, door de houding en het voorkomen was de target figuur altijd goed herkenbaar. Ook in het geval dat er meerdere figuren op een foto stonden (bij stadsscènes) was de target figuur goed

herkenbaar als doel. De opvallendheid van de doelen varieerde door de set van foto's net als de resolutie en de field of regard (zoekveld).

2.2 De resolutie

Het beeldmateriaal werd opgenomen met een digitale camera van het type Sony DSC-P12. De resolutie van de oorspronkelijke beelden was 2592x1944 pixels, en de beeldhoek bedroeg 50x40 graden. De beeldhoek van een enkele pixel komt dus overeen met 1.2 min. De resolutie van het oorspronkelijke beeld is dus ongeveer een factor twee lager dan die van het menselijk oog. In het experiment werden beelduitsneden geprojecteerd van respectievelijk 800x600, 1632x600 en 2400x600 pixels. Dit resulteerde in beeldhoeken van respectievelijk 45x34, 90x34 en 135x34 graden. In de projectie van de stimuli komt dus de beeldhoek van een enkele pixel overeen met 3,4 min, hetgeen ongeveer een factor 6 a 7 lager dan de resolutie van het menselijk oog. Verder werd de resolutie van de beelden kunstmatig in twee stappen verlaagd, met respectievelijk een factor 1,5 en 2, door de beelden eerst te subsamplen (d.w.z. het aantal pixels te verminderen) met deze zelfde factoren, en ze daarna weer tot hun oorspronkelijke afmeting te vergroten door de tussenliggende ('weggesampelde') pixels weer in te vullen door middel van bilineaire interpolatie. De resolutie van de resulterende beelden is dus respectievelijk een factor 10 en 13 lager dan de resolutie van het menselijk oog.



Figuur 2 Een zoekplaat uit het experiment. Deze zoekplaat heeft een FOR van 45 graden en een doel met een kleine opvallendheid. Het doel is omcirkeld.

2.3 Opvallendheid

De targets werden in opvallendheidscategorieën ingedeeld. De targets met de laagste opvallendheid waren alleen foveaal te bekijken en vielen in het perifere veld meteen weg. Dit komt dus neer op een opvallendheidshoek van 4° of minder. De targets met de middelste opvallendheid waren targets die men niet in het foveaal gezichtsveld hoefde te hebben om ze toch waar te nemen. In deze categorie waren de doelen bij een hoek groter dan 15° niet meer waar te nemen. De targets met de hoogste opvallendheid waren ook perifeer nog zeer goed waar te nemen. Deze doelen hadden een opvallendheidshoek van op zijn minst 15°, maar hadden over het algemeen een grotere opvallendheid. De indeling van de doelen in de verschillende opvallendheidscategorieën gebeurde door twee ervaren waarnemers.



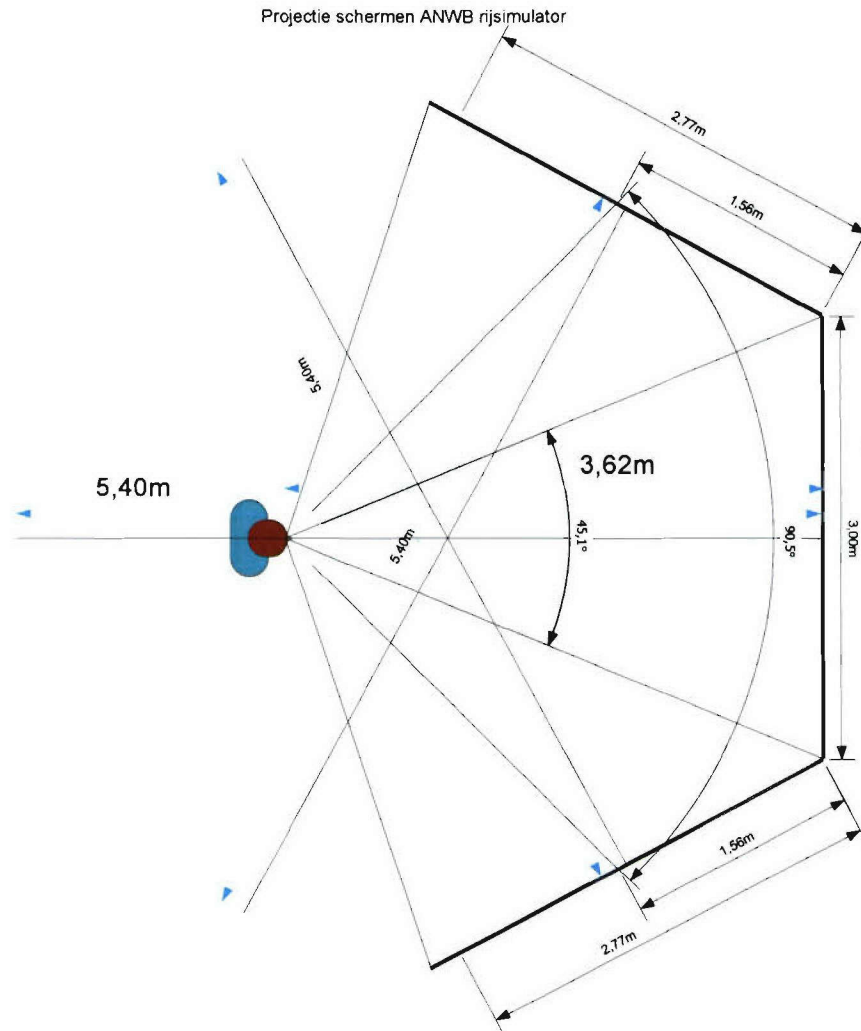
Figuur 3 Een zoekplaat uit het experiment. Deze zoekplaat heeft een FOR van 90 graden en een doel met een grote opvallendheid. Het doel is omcirkeld.



Figuur 4 Een zoekplaat uit het experiment. Deze zoekplaat heeft een FOR van 135 graden en een doel met een medium opvallendheid. Het doel is omcirkeld.

2.4 De opstelling

De foto's werden geprojecteerd op drie schermen van een rijsimulator. De opstelling bestond uit 3 schermen van 3 bij 2,25 meter. Deze waren onder vaste hoeken opgesteld. De opstelling van het experiment was zo dat de proefpersoon zat op 3,63 m afstand van het middelpunt van het middelste scherm (zie figuur 5).



Figuur 5 Schematische weergave van de opstelling zoals deze werd gebruikt gedurende het experiment (zie ook figuur 6).

De proefleider zat aan een tafeltje aan de zijkant van de opstelling, en controleerde de juistheid van detectie. De stimuli werden door drie projectoren (type Liesegang dv245) op de drie schermen geprojecteerd. Bij een zoekveld van 135° werd er 1 foto over de drie schermen verdeeld. Bij een zoekveld van 45° werd er een foto alleen op het middelste scherm geprojecteerd. De projectoren werden aangestuurd door een Pentium II 1,8 GHz computer. Voor de tijdsregistratie en de controle van de stimuli was een speciaal computerprogramma geschreven.

Het gezichtsveld werd beperkt met een daarvoor aangepaste bril, deze werd alleen gebruikt in de condities met een gezichtsveld van 40° (zie figuur 6). Het zicht was tijdens de gezichtsveld beperkende condities monoclair. Dit was gedaan om overeenstemming met de praktijk te verkrijgen. Een nachtzichtkijker is in de meeste gevallen ook een monoclair net als een warmtebeeldcamera.

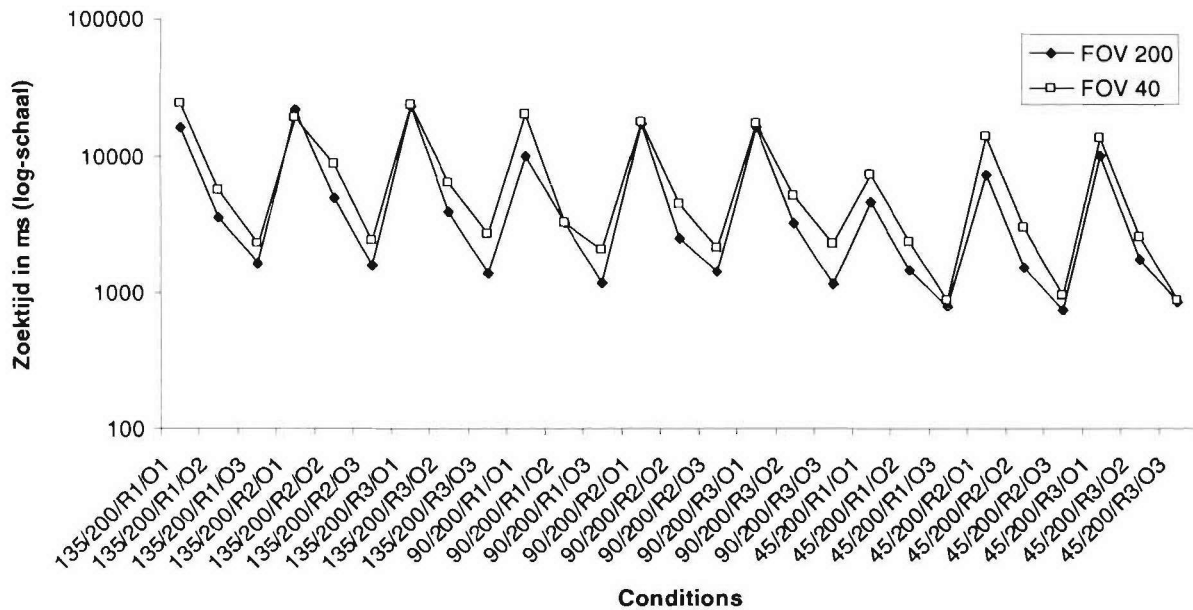


Figuur 6 Foto van de proefopstelling. De foto laat de conditie met een FOR van 135° zien. De proefpersoon heeft een FOV beperkende bril op en heeft de detectieknop en laserdot in de hand.

3 Resultaten

De verzamelde data werden bestudeerd en er werd besloten na controle van de originele stimuli om in totaal 6 scenes in een grotere opvallendheids categorie te plaatsen.

Hierna werden de data geanalyseerd met een repeated measures analyse. Dit deden we nadat we de data hadden getransformeerd naar een logaritmische schaal (zie figuur 7).

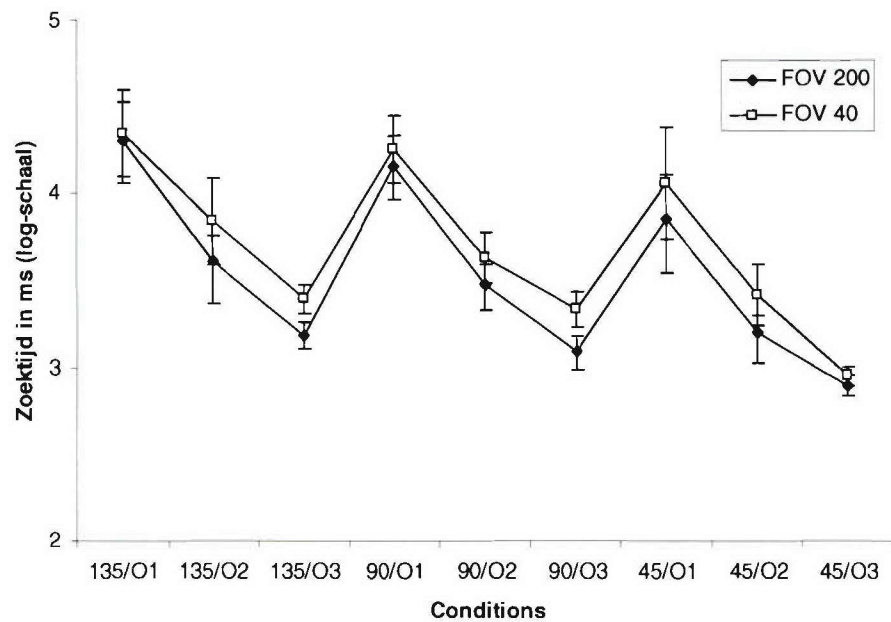


Figuur 7 Gemiddelde zoektijden in ms uitgezet op een logaritmische schaal. Alle 54 condities.

Als we de logaritmische data analyseren blijkt dat er hoofdeffecten zijn voor FOV, FOR en OPVALLENDHEID, respectievelijk: $F(1, 9) = 13,09$, $p = 0,0056$, $F(2, 18) = 205,97$, $p = 0,0000$ en $F(2, 18) = 347,33$, $p = 0,0000$. Er is echter geen hoofdeffect van RESOLUTIE $F() = , p =$. Dit betekent dat resolutie geen invloed heeft op de grootte van de zoektijden. Uit de data blijkt verder dat er geen significante interactie is tussen de verschillende variabelen.

Omdat er geen hoofdeffect van Resolutie is doen we een nieuwe repeated measures analyse waarbij de variabele RESOLUTIE geen factor is (zie figuur 8).

Uit deze repeated measures analyse blijkt dat er een hoofdeffect is voor FOV, FOR en OPVALLENDHEID, respectievelijk: $F(1, 9) = 9,95$, $p = 0,0117$, $F(2, 18) = 186,43$, $p = 0,0000$ en $F(2, 18) = 382,93$, $p = 0,0000$.



Figuur 8 Gemiddelde zoektijden in ms uitgezet op een logaritmische schaal. De variabele 'resolutie' is hierbij niet meegenomen. De datapunten vertegenwoordigen de gemiddelde zoektijden over de verschillende proefpersonen en resoluties. De bars staan voor de standaarddeviaties.

Er is dus een hoofdeffect voor alle factoren wat betekent dat deze allemaal invloed hebben op de grootte van de zoektijden. Uit de analyse blijkt verder dat er geen significante interacties zijn tussen de verschillende factoren.

Een Tukey HSD post-hoc analyse laat zien dat FOV200 en FOV40 significant van elkaar verschillen. Dit betekent dat het belangrijk is hoe groot het gezichtsveld is als men naar een doel zoekt. Een tweede post-hoc analyse laat zien dat de gemiddelde data van de zoekveld groottes significant van elkaar verschillen. Dit betekent dat het uitmaakt of men een veld van 45 graden, 90 graden of 135 graden af moet zoeken, en dat hoe kleiner het veld, hoe sneller men is. Verder blijkt uit deze data ook dat de zoektijden van de drie opvallendheden van het doel significant van elkaar verschillen. Alle analyses op een rijtje zettend kan men hieruit concluderen dat de factor die het meeste invloed heeft op de zoektijden de opvallendheid van het doel is, hoe groter de opvallendheid, hoe sneller men het doel vindt. Vervolgens is het belangrijk hoe groot het af te zoeken veld (FOR) is. Bij een veld van 135° neemt het vinden van een doel, onafhankelijk van de opvallendheid significant meer tijd in beslag. De gezichtsveld grootte (mits niet kleiner dan 40 graden) lijkt een veel kleinere rol te spelen op de zoektijden. Uit de analyse blijkt verder dat de resolutie helemaal geen invloed heeft. Bij dit laatste punt moet echter vermeld worden dat dit te maken kan hebben met de resolutie keuze die we voor dit experiment gemaakt hebben. De resolutie verder degraderen betekent dat er doelen wegvallen waardoor er helemaal geen zoektijden meer geregistreerd kunnen worden. Een andere keuze in resolutie zou dus voor geheel andere resultaten kunnen zorgen. We kunnen wel zeggen dat de resolutie degraderen tot dit niveau geen invloed heeft.

3.1 Relatie met het SCOPE zoekmodel

Om te bekijken of de verkregen data in overeenstemming zijn met de zoektijden die men zou verwachten op basis van het in SCOPE aanwezige zoekmodel hebben we deze tijden tegen elkaar geplot en een fit uitgevoerd.

Het huidige zoekmodel in scope is: $ZT(\text{zoektijd}) = 0,1 * \text{searchfield} * \text{conspic}^{-2/3}$.

Hierbij staat searchfield voor field-of-regard en conspic voor de opvallendheid van het doel. Hierin is de factor field-of-view dus niet meegenomen wat uit de plot hieronder ook blijkt (steeds twee punten met eenzelfde x-coördinaat).

Plot: model versus meetwaarden:

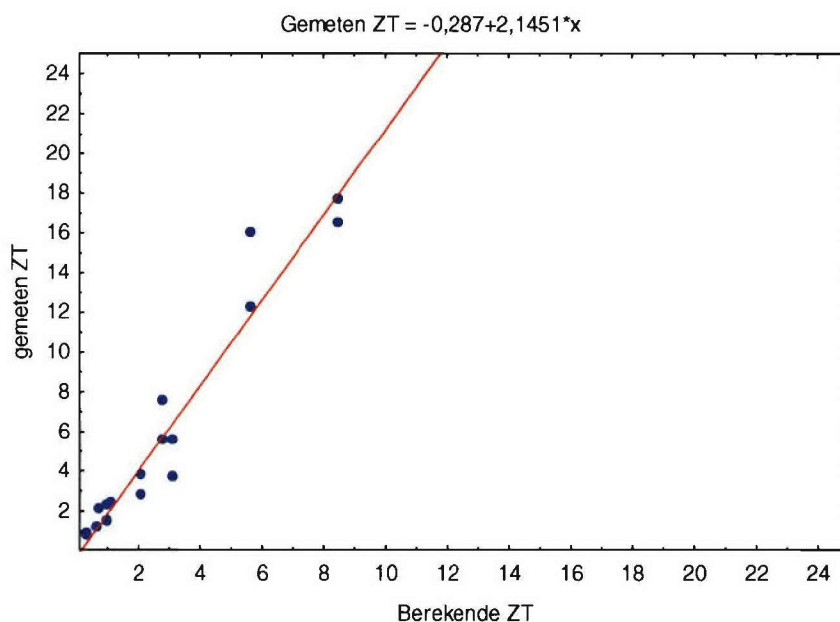


Figure 9 De berekende zoektijd met het huidige model geplot tegen de gemeten zoektijd zoals in het experiment. Met een verklaarde variantie, $R^2 = 0,941$.

Uit deze fit volgt dat het model aangepast moet worden met een factor 2,1:

$$ZT = 0,21 * \text{searchfield} * \text{conspic}^{-2/3}$$

In een aanpassing van het huidige model zou het zinvol zijn om de field-of-view als factor in het model mee te nemen om zo een nog grotere betrouwbaarheid van je model te verkrijgen.

Er zijn een aantal opvallendheidsmetingen gedaan om een inschatting te kunnen maken van de opvallendheden van verschillende doelen in verschillende situaties.

Deze waarden zouden dan weer kunnen dienen als data die men in kan voeren als men een scenario wil simuleren. De opvallendheden met daarbij een beschrijving en een foto van de situatie staan in bijlage A.

4 Discussie en conclusies

De experimenten hebben nieuwe inzichten opgeleverd en oude bevestigd over zoeken met beperkingen en andere factoren. De vraag is of men deze resultaten in een model kan zetten, dat ook op de praktijk van toepassing kan zijn.

4.1 Gezichtsveld

Uit het onderzoek blijkt dat er een klein effect is van de grootte van het gezichtsveld op de zoektijden. Het is verrassend dat de gezichtsveld grootte niet een duidelijker effect op de zoektijden heeft, men zou verwachten [Piantanida et al., 1992] dat er een duidelijk effect zichtbaar zou worden. Het is denkbaar dat een kleiner gezichtsveld dan in dit experiment gebruikt een groter effect laat zien, maar de vraag is of dit relevant is voor de praktijk. Verder zou men kunnen verwachten dat het effect van gezichtsveld grootte sterker wordt met een groter zoekveld, dit blijkt ook niet het geval aangezien er geen significante interactie tussen deze twee factoren aanwezig is. De resultaten laten zien dat de keuze voor een groter gezichtsveld een klein positief effect op zal leveren als het om het zoeken naar een doel gaat.

4.2 Zoekveld

De grootte van het zoekveld blijkt van wezenlijk belang te zijn als het gaat om het vinden van een doel. Een groter zoekveld zorgt voor langere zoektijden. Voor onopvallende doelen kan dit de detectietijd significant verlengen. Uit de data kan geconcludeerd worden dat hoe kleiner het af te zoeken veld is hoe korter de zoektijden zullen zijn. Een keuze om meer verkenner bij een operatie in te zetten lijkt een zinnige keus.

4.3 Opvallendheid

De opvallendheid van het doel is een belangrijke factor als het gaat om de snelheid waarmee een doel gevonden kan worden. De opvallendheid van het doel lijkt een grote rol te spelen in vergelijking met de andere factoren die in deze studie zijn meegenomen. De opvallendheid van het doel is echter niet zelf te bepalen, een vijand is immers in een camouflagepak gehuld, of niet, of zit in een omgeving vol met mensen waardoor hij minder snel herkenbaar is. De opvallendheid van het doel kan wel door een goed werkende warmtebeeld camera of een nachtzichtkijker vergroot worden. Zeker een warmtebeeld camera kan ook overdag uitkomst bieden als het gaat om de vergroting van de opvallendheid van een doel.

Verder kan men concluderen dat het belangrijk is om zelf goed gecamoufleerd op pad te gaan, omdat zo de detectietijden bij gevechts- en verkenningsoperaties voor de tegenpartij omhoog gaan.

Er zijn echter wel een aantal factoren waar men rekening mee moet houden bij het implementeren van deze data in het SCOPE model. Er zijn bijvoorbeeld factoren die op de zoektijden, ook bij gelijke blijvende opvallendheid, FOR, FOV en resolutie, een rol spelen. Een voorbeeld hiervan is de clutter in een omgeving: het doel kan een bepaalde opvallendheid hebben in een scène, maar doordat de andere helft van de scène een bos is toch een lange zoektijd uitlokken. Dus de lay-out of structuur van een scène speelt een grote rol in de duur van de zoektijden; bij gelijke opvallendheid maar een andere structuur van de omgeving kunnen er geheel andere zoektijden gevonden worden. Dit is

bij onopvallende doelen, waar de variatie in zoektijd toch al groter is, sterker dan bij opvallende doelen.

4.4 Resolutie

Zoals bij de resultaten al besproken lijkt de degradatie van de resolutie nauwelijks effect te hebben. Dit kan echter goed komen door de gemaakte keuzes van resoluties. De verdere degradatie van de resolutie was niet mogelijk aangezien er dan te veel doelen weg vielen (dit was overigens alleen het geval bij onopvallende doelen), wat zou hebben geresulteerd in weinig tot geen zoektijden. Wat we echter uit deze twee gegevens kunnen concluderen is dat een voldoende grote resolutie wel degelijk belangrijk is voor het zoeken van (onopvallende) doelen. De resolutie moet in ieder geval een minimaal niveau overschrijden om het zoeken van doelen mogelijk te maken, aangezien lagere resolutie de zoekprestatie snel degradeert en zelfs onmogelijk maakt.

Concluderend, zoekprestatie hangt in sterke mate af van de opvallendheid van het doel en een goede camouflage is dus essentieel. Ook de grootte van het zoekveld is een belangrijke factor die meespeelt in zoekprestatie en het zou dus wenselijk zijn om hier met de keuze van inzet van personeel rekening mee te houden. Gezichtsveld grootte is minder belangrijk voor de zoekprestatie. Tot slot concluderen we dat resolutie boven een bepaald niveau de zoekprestatie niet beïnvloedt.

5 Referenties

- Alfano, P.L. and Michel, G.F. (1990).
Restricting the field of view: perceptual and performance effects.
Perceptual and Motor Skills, 70, 35-45.
- Arthur, K.W. (1996).
Effects of field of view on performance with head-mounted displays.
CHI 1996.
- Arthur, K.W. (2000).
Effects of field of view on performance with head-mounted displays.
Dissertation of the University of North Carolina. Chapel Hill.
- Dolezal, H. (1982).
Living in a world transformed: perceptual and performatory adaptation to visual distortion. New York: Academic Press.
- Hoeven, M. van der, and Toet, A. (2005).
Ontwerpaspecten van het richt- en zichtmiddel en het informatiedisplay voor het Dutch Dismounted Soldier System.
TNO rapport, DV3 2005-A018. Soesterberg.
- Piantanida, T.P., Boman, D., Larimer, J., Gille, J., and Reed, C. (1992).
Studies of the field-of-view/resolution tradeoff in virtual reality.
Proceedings of Human Vision, Visual Processing and Digital Display III, SPIE Proceedings 1666, 448-456.
- Toet, A., Kooi, F.L. (1999).
Conspicuity: An efficient alternative for search time.
Vision in vehicles- VII ed. By A.G. Gale, Elsevier, Oxford, p451-462.
- Toet, A., Kooi, F.L., Bijl, P., Valeton, J.M. (1998a).
Visual conspicuity determines human target acquisition performance.
Optical Engineering, 37 (7), 1969-1975.
- Toet, A., Bijl, P., Kooi, F.L., and Valeton, J.M. (1998b).
Quantifying target distinctness through visual conspicuity.
Proceedings of the SPIE Conference on Targets and Backgrounds, vol. SPIE-3375, 8, 152-163.
- Wells, M.J., and Venturino, M. (1990).
Performance and head movements using a helmet-mounted display with different sized fields-of-view.
Optical Engineering, Vol. 29, 8, 870-877.

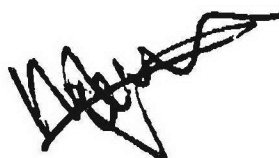
6 Ondertekening

Soesterberg, juli 2006

TNO Defensie en Veiligheid

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

ing. M.G. Brandsma
Projectleider

A handwritten signature in black ink, featuring a series of sharp, angular strokes and a long horizontal stroke at the end.

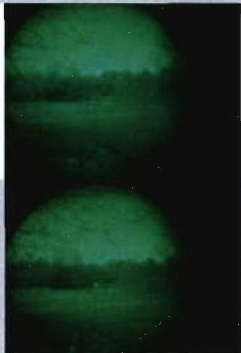
drs. M. van der Hoeven
Auteur

A Tabel opvallendheden

Dag condities

Foto	Beschrijving	Opvallendheid in graden	Afstand tot doel
	Doel tussen de bomen in camouflage kleding	9°	62 m
	Doel tussen bomen in neutrale kleding	28°	62 m
	Doel tussen bomen in opvallende kleding	57°	62 m
	Doel onder boom (schaduw) in camouflage kleding	3°	62 m
	Doel onder boom (schaduw) in neutrale kleding	19°	62 m
	Doel onder boom (schaduw) in opvallende kleding	56°	62 m
	Doel in openveld in camouflage kleding	22°	62 m
	Doel in openveld in neutrale kleding	32°	62 m
	Doel in openveld in opvallende kleding	52°	62 m

Nacht condities

Foto	Beschrijving	Opvallendheid in graden	Afstand tot doel
Niet beschikbaar	Doel tussen de bomen in camouflage kleding	0°	62 m
	Doel tussen bomen in neutrale kleding	9°	62 m
	Doel tussen bomen in opvallende kleding	31°	62 m
Niet beschikbaar	Doel onder boom (schaduw) in camouflage kleding	0°	62 m
Niet beschikbaar	Doel onder boom (schaduw) in neutrale kleding	13°	62 m
	Doel onder boom (schaduw) in opvallende kleding	19°	62 m
Niet beschikbaar	Doel in openveld in camouflage kleding	4°	62 m
	Doel in openveld in neutrale kleding	16°	62 m
	Doel in openveld in opvallende kleding	40°	62 m

REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD2006-0021	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO -	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO TNO-DV 2006 A198
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 013.65044	5. CONTRACT NO -	6. REPORT DATE July 2006
7. NUMBER OF PAGES 23 (incl 1 appendix, excl RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 10	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Performance measures: Search performance for different fields-of regard (Prestatiemeting SE: Zoekprestatie bij geïnstrumenteerd zien)		
11. AUTHOR(S) M. van der Hoeven, MSc Dr A. Toet M.G. Brandsma, BSc		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Defence, Security and Safety, P.O. Box 23, 3769 ZG Soesterberg, Kampweg 5, Soesterberg, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) -		
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)) This study investigates human visual search as a function of Field of Regard (FOR) size, Field of View (FOV) size, resolution, and target conspicuity. An experiment was performed in which participants searched for targets in realistic scenes. The FOR sizes were respectively 45 degrees, 90 degrees, and 135 degrees. The FOV sizes were 200 degrees, and 40 degrees. The resolution of the original scenes was degraded in two steps by subsampling and interpolation. Each participant searched a total of 560 scenes in 56 conditions (3 different FOR's, 3 different resolutions, 2 FOV's, 3 conspicuities). Time to detection was recorded. The results show that search performance is directly related to Field-of Regard size, while the size of the Field of View appears to have less impact on search times. Furthermore, target conspicuity also determines search performance, with high conspicuities giving short search times and low conspicuities giving long search times. The decrease in search times with increasing target conspicuity is sharper for large Field of Regards (135 degrees) than for small Field of regards (e.g. 45 degrees). We conclude that visual search performance is mainly determined by the size of the search area, and not so much by the size of the instantaneous Field of View. Futhermore, conspicuity is the most important factor in visual search.		
16. DESCRIPTORS Field-of-view (FOV), Field-of-regard (FOR), gezichtsveld, zoekveld, zoeken, resolutie, opvallendheid		IDENTIFIERS
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

Distributielijst

Onderstaande instanties/personen ontvangen een volledig exemplaar van het rapport.

- | | |
|-------|--|
| 1 | DMO/SC-DR&D
standaard inclusief digitale versie bijgeleverd op cd-rom |
| 2/3 | DMO/DR&D/Kennistransfer |
| 4 | Programmabegeleider Defensie
LKol H. Wendrich, DMO/Directiebeleid/DR&D |
| 5 | Projectbegeleider Defensie
Maj J.J. Admiraal, DMO/DMKL, LBBKL, KPU-bedrijf |
| 6/8 | Bibliotheek KMA |
| 9 | Programmaleider TNO Defensie en Veiligheid
dr. W.A. Lotens |
| 10/11 | TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg,
Informatie- en Documentatiedienst |
| 12/15 | TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg,
Business Unit Human Factors,
drs. M. Van der Hoeven
dr. A. Toet
ing. M.G. Brandsma
dhr. J.J. Kriekaard |

Onderstaande instanties/personen ontvangen het managementuittreksel en de distributielijst van het rapport.

- 4 ex. DMO/SC-DR&D
- 1 ex. DMO/ressort Zeesystemen
- 1 ex. DMO/ressort Landsystemen
- 1 ex. DMO/ressort Luchtsystemen
- 2 ex. BS/DS/DOBBP/SCOB
- 1 ex. MIVD/AAR/BMT
- 1 ex. Staf CZSK
- 1 ex. Staf CLAS
- 1 ex. Staf CLSK
- 1 ex. Staf KMar
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Algemeen Directeur,
ir. P.A.O.G. Korting
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Directie
Directeur Operaties, ir. C. Eberwijn
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Directie
Directeur Kennis, prof. dr. P. Werkhoven
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, Directie
Directeur Markt, G.D. Klein Baltink
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag,
Manager Waarnemingssystemen (operaties), dr. M.W. Leeuw
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag,
Manager Beleidsstudies Operationele Analyse &
Informatie Voorziening (operaties), drs. T. de Groot
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,
Manager Bescherming, Munitie en Wapens (operaties), ir. P.J.M. Elands
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk,
Manager BC Bescherming (operaties), ir. R.J.A. Kersten
- 1 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg,
Manager Human Factors (operaties), drs. H.J. Vink