

Beheersing van de werkbelasting

Hein Daanen, Peter Essens, Frank Kooi, Marieke Martens, Mark Neerincx, Patrick Punte, Hans Veltman

TNO Technische Menskunde te Soesterberg heeft veel expertise op het gebied van de beheersing van de werklust. Tijdens een symposium dat het instituut op 31 oktober 2000 met de titel 'Minder belasting!' organiseerde, werden de deelnemers in een reeks voordrachten op de hoogte gebracht van de ontwikkelingen op dit gebied. Al het gepresenteerde was gebaseerd op recent eigen onderzoek. Doel van het onderzoek was steeds advies over een efficiënte en veilige taakuitvoering. De samenvattingen van de voordrachten worden hier weergegeven.

Hier wordt u niet (te) warm of koud van

Het werkgebied van de Nederlandse krijgsmacht is niet meer beperkt tot de Noord-Duitse laagvlakte, maar beslaat nu de gehele wereld. Daarbij moeten militairen functioneren in thermische extremen, zoals in Cambodja en Eritrea. Bij de uitvoering van de vredetaken worden slachtoffers nauwelijks getolereerd, en de krijgsmacht heeft daarom aan TNO Technische Menskunde verzocht een hulpmiddel te maken dat waarschuwt als de thermische belasting te hoog wordt.

We hebben daartoe een gebruikersvriendelijk computerprogramma ontwikkeld, waarin vier elementen moeten worden ingevoerd: klimaat, kleding, werk en individuele factoren (zoals acclimatisatie en getraindheid). Het computermodel THDYN dat door TNO-TM is ontwikkeld, gebruikt deze informatie om uit te rekenen wanneer de lichaamstemperatuur boven een kritieke grens komt en hoeveel vocht door transpireren wordt verloren. In koude omstandigheden wordt bepaald wat de kans op huidbevriezing is

en hoeveel handvaardigheidsverlies optreedt. Daarnaast kan worden uitgerekend hoeveel kleding moet worden gedragen om niet af te koelen.

Met korte teksten wordt een samenvatting van de resultaten gegeven, waarna de gebruiker kan kiezen voor gedetailleerde informatie over normen en richtlijnen.

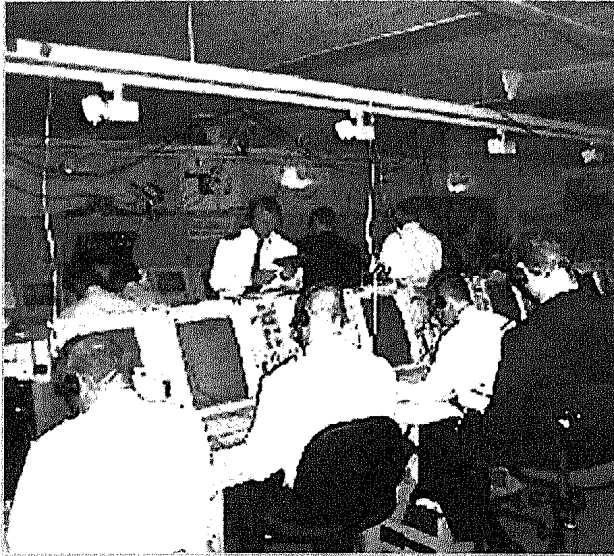
De gebruiker kan telkens aanpassingen maken, bijvoorbeeld de gedragen kleding veranderen of het inspanningsniveau verlagen en nagaan of dat de warmtebelasting vermindert.

De huidige versie van het programma (genaamd TDA Thermal Exposure) wordt gebruikersvriendelijker gemaakt en de nieuwe versie zal naar verwachting begin 2001 worden uitgebracht.

HD



Alle auteurs zijn werkzaam bij TNO Technische Menskunde, Postbus 23, 3769 ZG Soesterberg (telefoon 0346-356 211, fax 0346-353 977, <http://www.tm.tno.nl>)



Een andere organisatie kan het werk in de commandocentrale verlichten

'Welke aanknopingspunten zijn er ter verbetering van het functioneren van de commandocentrale van het M-fregat?' Dat was de vraag die de Marinestaf aan TNO Technische Menskunde stelde.

We observeerden vier ervaren commandocentrale-teams en beoordeelden deze tijdens de taakuitvoering in drie gevechtsscenario's. Gelet is op werkbelasting en kwaliteit van taakuitvoering. De werkbelasting werd elke vijf minuten gemeten door de teamleden te laten aangeven of er veel tijd over was of dat er te weinig tijd was om de lopende taken uit te voeren. Expert observatoren stelden de kwaliteit van de taakuitvoering vast aan de hand van indicatoren voor informatieverwerking, communicatie, systeemgebruik en teamaansturing.

Resultaten

We vonden dat de werkdruk in de commandocentrale beter verdeeld kan worden. De werklust concentreert zich vooral in het commandoteam als informatiedruk en onzekerheid over wat er gaande is, toenemen. Kennelijk leidt de taakorganisatie ertoe dat het controleren van de beelden en het plannen van acties samenkomen bij het commandoteam. Door extra inspanning kan de druk in eerste instantie gecompenseerd worden, maar als deze aanblijft kunnen uiteindelijk 'de luikjes dichtgaan'. Het gevolg is dat sturing, overleg en coördinatie afnemen. Als gevolg daarvan kan de kwaliteit van het functioneren achteruit lopen.

Conclusies

We toonden het belang van een goede en liefst dynamische taakverdeling aan. De verdeling van de taken moet zodanig zijn dat de druk gespreid kan worden. Dit vereist een flexibele taakorganisatie en multifunctionele opleiding van de teamleden. Deze resultaten worden intussen in het optimalisatietraject van de M-fregatten toegepast.

De opleiding is aangepast tot een multifunctionele opleiding voor de commandocentrale-officieren. In studies van toekomstige commandovoering wordt nagedacht over hoe nieuwe flexibele teamorganisaties er uit zouden moeten zien.

PE

Oogbelasting bij het werken met binoculaire kijksystemen

Het waarnemen met kijksystemen neemt binnen de drie krijgsmachtdelen een belangrijke plaats in. Een reeks nieuwe binoculaire kijksystemen is momenteel in ontwikkeling en dat zal veel veranderingen teweeg brengen. Bij binoculaire kijksystemen speelt de samenwerking van de twee ogen de hoofdrol. Echter, er is nog onvoldoende bekend over de factoren die bij dit soort systemen het kijkcomfort beïnvloeden. De vraag is daarom: 'Waaraan moet een binoculair kijksysteem voldoen om een bepaalde graad van visueel comfort te leveren?'

We hebben getracht inzicht te verkrijgen in de relatieve rol van de verschillende ontwerpparameters inzake visueel comfort. De factoren die mogelijk van invloed zijn, hebben we onderverdeeld in drie categorieën: beeldvertekening, filterfouten, en stereoscopische aanbiedingen. De meeste factoren hebben we in een experimentele opstelling in kunnen stellen. Proefpersonen kregen herhaalde malen voor vijf seconden een beeld te zien met elke keer een andere 'beeldfout' en beoordeelden deze op visueel comfort.



Resultaten

Uit de resultaten blijkt onder meer dat een relatieve verschuiving van het linker beeld ten opzichte van het rechter beeld vervelender is dan een relatieve vergroting of rotatie.

Crosstalk (het beeld bedoeld voor het linkeroog bereikt voor een deel ook het rechteroog) wordt als erg vervelend ervaren wanneer dit meer is dan 5%. Verder blijkt dat de proefpersonen met een beter gezichtsvermogen meer klagen. Dit komt doordat zij de beeldfouten beter zien.

Conclusies

De resultaten bieden een goede basis voor het inschatten van de kijkbelasting van in ontwikkeling zijnde kijksystemen die bedoeld zijn voor korte presentaties of waarvan het gebruik gepaard zal gaan met veelvuldige blikwisselingen.

Toepasbaarheid

De gegevens worden gebruikt voor het opstellen van normen voor acceptabele niveaus van oogbelasting bij het werken met binoculaire kijksystemen.

FK

Het meten van piekbelasting bij automobilisten

Er zijn vele manieren om werkbelasting te meten, bijvoorbeeld met behulp van vragenlijsten, secundaire taken of fysiologische maten. De meeste methoden meten werkbelasting over een langere periode, en zijn dus minder gevoelig voor korte pieken in werkbelasting.

Omdat tijdens het autorijden kortdurende pieken in werkbelasting al kunnen leiden tot ongevallen hebben we gekeken of het mogelijk is een methode te vinden die nu juist ook gevoelig is voor die kortdurende pieken.

In het kader van het Europese project IN-ARTE, zijn we erin geslaagd een dergelijke methode te ontwikkelen op basis van de huidige kennis over het meten van werklust. Uit eerder onderzoek is bekend dat wanneer de werklust toeneemt, je blikveld vernauwt. Dat houdt in dat je informatie, die zich meer in de visuele periferie bevindt en die je normaal vanuit je ooghoeken waarneemt, minder goed ziet. Door nu tijdens experimenten informatie in die visuele periferie aan te bieden en te meten hoe goed die informatie wordt waargenomen, heb je dus een maat voor

de hoogte van de werklust. TNO-TM ontwikkelde hiervoor de Perifere Detectie Taak. Het uitgangspunt van de Perifere Detectie Taak is dat hoe slechter mensen informatie in de visuele periferie waarneemen, hoe hoger de werklust is.

In een rijnsimulatorstudie gingen we na of de ontwikkelde methode inderdaad geschikt is voor het meten van kortdurende pieken in werkbelasting. In deze studie werden mensen in meer of minder moeilijke verkeerssituaties gebracht. Tijdens het rijden werd op het buitenbeeld van de rijnsimulator op onvoorspelbare momenten een rood blokje in de visuele periferie getoond. Elke keer wanneer men dit blokje opmerkte, moest men op een knopje op het stuur drukken. Het grote voordeel van deze methode is dat men niet in de richting van de blokjes hoeft te kijken, maar ze vanuit de ooghoeken kan zien. Mensen kunnen dus gewoon hun normale rijtaak uitvoeren en voor zich uit kijken, terwijl ze toch kunnen reageren op het verschijnen van de blokjes. Door meting van de reactietijden op het verschijnen van de blokjes en van het percentage gemiste blokjes bij wisselende taakmoeilijkheid, hebben we de gevoeligheid van de methode voor het meten van piekbelasting in kaart kunnen brengen.

Resultaten

De resultaten laten zien dat deze methode erg geschikt is voor het meten van pieken in werkbelasting. De Perifere Detectie Taak is niet alleen geschikt voor het meten van visuele werkbelasting, maar ook voor cognitieve werkbelasting, zoals bijvoorbeeld het luisteren naar een verbale boodschap van een bestuurderondersteuningssysteem. Hoe belastender de taak, hoe meer signalen men mist en hoe langer de reactietijd op het verschijnen van de signalen.



De taak is ook geschikt gebleken voor het meten van werkbelasting tijdens het rijden in de praktijk. Hierbij gaat op onvoorspelbare momenten op een vaste plaats ten opzichte van het hoofd een lampje aan waarop gereageerd moet worden. Het lampje is in een bepaalde constructie bevestigd op het hoofd van de bestuurder.

Toepasbaarheid

De Perifere Detectie Taak kan zowel in simulator-onderzoek als in de praktijk gebruikt worden voor het meten van werkbelasting, waarbij de maat gevoelig is voor kortdurende pieken in werklust. De methode is geschikt voor het meten van zowel mentale als visuele werklust. In verder onderzoek zullen we nagaan in hoeverre de taak ook toepasbaar is buiten het veld van autorijden.

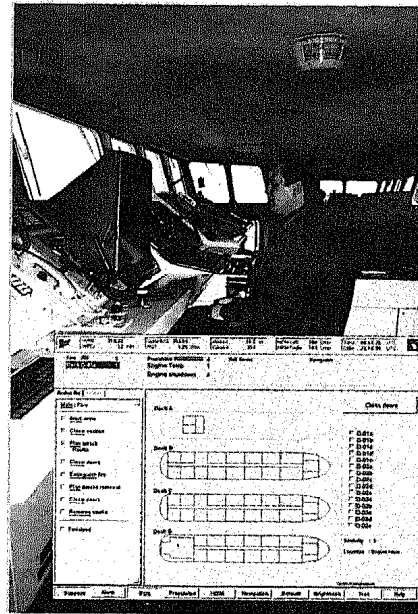
MM

Mentale belasting: begrijpen en voorkomen

Een te hoge mentale belasting kan leiden tot ondermaatse prestaties die een knelpunt vormen in supervisie of command & control processen. Om deze knelpunten te kunnen verhelpen is inzicht nodig in welke aspecten van het werk de te hoge mentale belasting veroorzaken. Wij hebben een model ontwikkeld dat de belasting voorspelt op basis van de frequentie van taakwisselingen, de eisen aan redeneervermogen en de beschikbare tijd. Hiermee kan de werklust beter over personen verdeeld worden en kunnen gebruikersinterfaces ontworpen worden die piekbelasting helpen voorkomen.

Operators in de procescontrole bewaken omvangrijke systemen en moeten calamiteiten kunnen bestrijden in complexe omstandigheden. Een goede verdeling van taken en geschikte computerondersteuning moeten er voor zorgdragen dat de mentale belasting van elke persoon niet te hoog of te laag is. TNO Technische Menskunde heeft een methode ontwikkeld voor cognitieve taakanalyse die een dergelijke verdeling en ondersteuning helpt te realiseren. Deze methode is gebaseerd op een praktische theorie van mentale belasting.

Naast de klassieke belastingsfactor tijdsdruk onderscheidt deze theorie twee andere factoren die de cognitieve taakprestatie en mentale inspanning beïnvloeden: de complexiteit van de taak en het aantal wisselingen van taken. Een taak is complex als een ingewikkeld probleem opgelost moet worden



en daar geen standaard werkwijze of procedure voor is aangeleerd.

Om de belastingstheorie te testen werd een computeromgeving ontwikkeld, waarin de gebruiker de rol speelt van 'calamiteitenbestrijder in de Technische Centrale'. In een aantal scenario's die verschillende scores op de drie belastingsfactoren (bijvoorbeeld met veel of weinig wisselingen tussen taken), moet deze gebruiker meerdere alarmen op een adequate wijze afhandelen. De tijd nodig voor het selecteren en uitvoeren van de vereiste acties (dat wil zeggen de taaktijd), en de zelf aangegeven mentale inspanning worden per scenario gemeten.

Resultaten en conclusies

Dit onderzoek laat zien dat elke belastingsfactor een effect had op de taaktijd. De tijd voor het uitvoeren van de acties bleek ruim twee maal hoger te zijn wanneer het niveau van informatieverwerking hoog was. De tijd voor het selecteren van elke actie nam toe bij een toename van elk van de drie factoren. De drie belastingsfactoren bleken samen 80% van de variantie in taaktijd te kunnen verklaren. De gebruikers gaven aan een hogere mentale inspanning te ervaren als het niveau van informatieverwerking hoog was en als het aantal taaksetwisselingen hoog was. Deze twee factoren bleken samen 32% van de variantie in subjectieve inspanning te verklaren. Samengevat blijken de drie belastingsfactoren de uitvoertijd van de taken erg goed te voorspellen en blijken twee factoren de subjectieve inspanning gedeeltelijk te kunnen voorspellen voor de onderzochte computertaken.

Toepasbaarheid

Het belastingsmodel is gebruikt voor het evalueren van taken, taakallocaties en computerondersteuning in de eerste stadia van systeemontwerp. Momenteel gebruiken we het model voor het ontwikkelen van een concept voor interface-ondersteuning die de informatieverwerkingscapaciteiten van personeel aanvult op de drie eerder genoemde belastingsfactoren.

MN

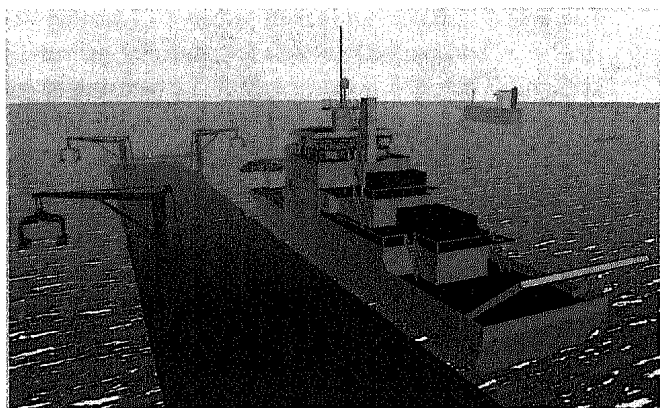
Een betere brug levert minder werkbelasting

De Koninklijk Marine (KM) werkt aan het ontwerp van een nieuw Hydrografisch Opnemingsvaartuig (HOV) ter vervanging van de bestaande hydrografische opnemingsvaartuigen.

Deze vaartuigen meten en verzamelen hydrografische brongegevens van het Nederlandse Continentaal Plat, en de Nederlandse Antillen en Aruba voor het maken van zeekaarten.

De Koninklijke Marine heeft TNO Technische Menskunde gevraagd een ergonomisch ontwerp te maken van de brug, de brugvleugels en de hydrografische verwerkingsruimte van het HOV.

De KM overweegt een taakuitbreiding van de officier van de wacht. Door middel van een taakanalyse onderzochten wij of deze taakuitbreiding mogelijk is en wat hiervan de consequenties voor het ontwerp zijn. Mede op basis hiervan maakten wij een ergonomisch ontwerp van de diverse ruimten in het schip. Om het ontwerp te optimaliseren hebben we digitale mensmodellen en een virtuele omgeving toegepast. Dat leidde tot een aantal verbeterpunten die in het uiteindelijke ontwerp zijn meegenomen.

*Resultaten*

Op de huidige schepen bestaat het takenpakket van de officier van de wacht uit het bedienen en bewaken van mobiliteit, scheepvaartbewaking en hydrografie. De taakuitbreiding op de nieuwe schepen betreft een vergroting van het aantal hydrografische sensoren en de toevoeging van machinekamerbewaking. Met behulp van de taakanalyse hebben wij vastgesteld dat de taakuitbreiding verantwoord is, indien aan een aantal eisen wordt voldaan.

Deze eisen hebben betrekking op de vormgeving van de diverse taken, de mogelijke ondersteuning van de officier van de wacht door commandant, hydrograaf, hydrografisch assistent en operator van de technische dienst, de functionaliteit van systemen en het ontwerp van brug en brugvleugels.

We hebben de eisen verwerkt in een ergonomisch ontwerp van de brug, de brugvleugels en hydrografische verwerkingsruimte van het HOV. De oorspronkelijke vorm van brug, brugvleugels en hydrografische verwerkingsruimte is door ons aangepast. Bij de evaluatie van het ontwerp met digitale mensmodellen hielden we rekening met een gebruikerspopulatie van 18 tot 65 jaar en een levensduur van het HOV van 30 jaar. Zichtaspecten van het ontwerp van de brug en de brugvleugels hebben we met behulp van een virtuele omgeving geëvalueerd. Aan de hand van verschillende scenario's konden gebruikers van de huidige hydrografische opnemingsvaartuigen het ontwerp beoordelen. De zichtbaarheid van de instrumenten op de verschillende consoles, en het zicht naar buiten vanaf de brug en de brugvleugels beoordeelden de gebruikers als goed. De evaluaties leidden tot een aantal verbeteringen in het ontwerp.

Conclusies

De taakuitbreiding voor de officier van de wacht van het nieuwe HOV is mogelijk indien aan een aantal specifieke eisen wordt voldaan. Met behulp van deze eisen konden we een ontwerp maken voor de brug, de brugvleugels en de hydrografische verwerkingsruimte van het HOV.

Toepasbaarheid

De bevindingen van deze studie kunnen rechtstreeks worden gebruikt in het verdere ontwerptraject van het Hydrografisch Opnemingsvaartuig. De vorm van de ruimten kan op basis van deze studie worden voltooid. Resultaten van deze studie kunnen worden gebruikt bij de keuze voor aan te schaffen consoles en apparatuur op de brug, de brugvleugels en de hydrografische verwerkingsruimte van het HOV.

PP

Hoe meet je mentale werkbelasting

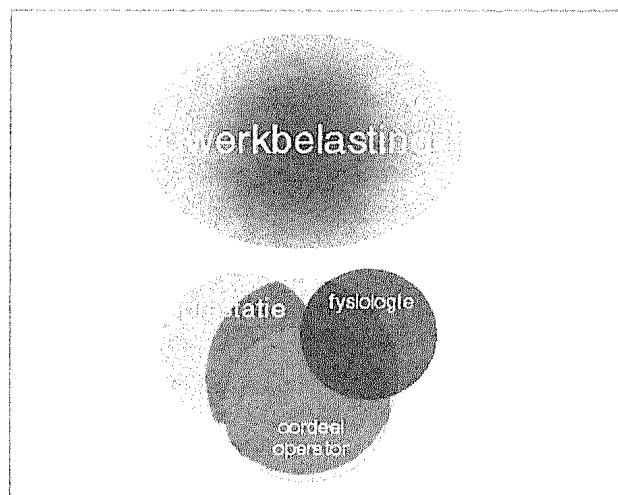
Voordat we een antwoord kunnen geven op de vraag hoe je mentale werkbelasting kunt meten, moet eerst duidelijk zijn wat mentale werkbelasting is. Ondanks dat we allemaal wel iets kunnen vertellen over mentale werkbelasting bestaat er geen eenduidige definitie van dit concept. Dit komt doordat mentale werkbelasting het resultaat is van een groot aantal factoren. Belangrijke factoren zijn de taakeisen en de capaciteit van een persoon om aan die eisen tegemoet te komen. De werkbelasting is hoog als het verschil tussen deze twee factoren groot is.

Voor het meten van mentale werkbelasting maken we zoveel mogelijk gebruik van een combinatie van prestatie, fysiologische en subjectieve maten. Vanwege het multi-dimensionele karakter van mentale werkbelasting is het niet mogelijk om het hele concept te dekken met één maat. TNO TM gaat door middel van experimenteel onderzoek in complexe taaksituaties na welke aspecten van werkbelasting worden belicht door verschillende maten en welke andere factoren deze maten kunnen beïnvloeden.

Mentale werkbelasting in de Lynx helikopter

Voor de Koninklijke Marine onderzochten we wat de oorzaken zijn van hoge werkbelasting in de Lynx helikopter, met name bij de Tactische Coördinator (TACCO). We gingen bovendien na of het mogelijk is de werkbelasting te voorspellen op basis van uit te voeren taken. Dit is van belang bij het inschatten van de werkbelasting in toekomstige platforms. Omdat prestatie in deze omgeving moeilijk valt te meten, is gekozen voor een combinatie van fysiologische en subjectieve maten. Hiervoor is een aanpak gekozen die bestond uit vier fasen: 1) in kaart brengen van alle taken die worden uitgevoerd door de bemanningsleden; 2) video opnemen tijdens het uitvoeren van complexe missies in de Lynx simulator en het meten van fysiologische reacties bij de TACCO tijdens deze missies; 3) evalueren van de videobeelden door de bemanningsleden direct na afloop van de missie, waarbij zij aangaven welke taken zijn uitgevoerd en hoe hoog de inspanning is geweest (subjectief); 4) nabespreken op basis van de resultaten van fase 3.

Uit deze analyse bleek dat pieken in de werkbelasting van de TACCO met name onstonden wanneer nieuwe informatie niet goed aansloot bij het beeld dat was opgebouwd (situationeel bewustzijn).



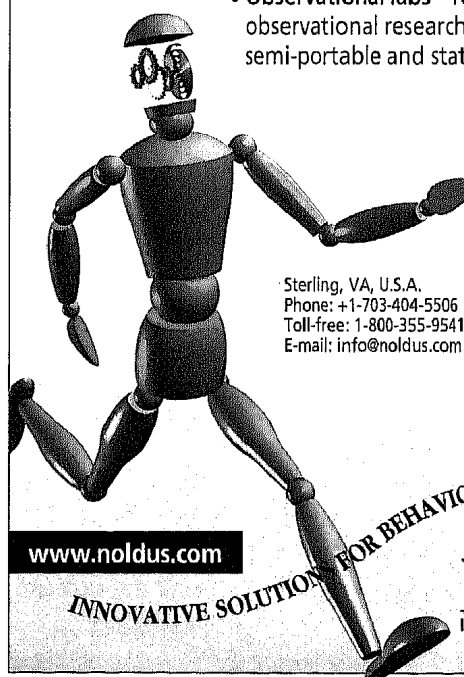
Dit betekent onder andere dat informatiesystemen er op gericht moeten zijn om operators in complexe taaksituaties goed te ondersteunen bij het opbouwen en vasthouden van een goed situationeel bewustzijn. Het betekent verder dat het in complexe taaksituaties niet goed mogelijk is om de werkbelasting te voorspellen op basis van de uit te voeren taken.

HV

Flexible tools for human factors and ergonomics research

• **The Observer®** - Professional system for collection, analysis and management of observational data. For desktop or mobile data entry, 'live' or from video.

• **Observational labs** - Tailor-made systems for observational research or usability tests. Mobile, semi-portable and stationary designs available.



Sterling, VA, U.S.A.
Phone: +1-703-404-5506
Toll-free: 1-800-355-9541
E-mail: info@noldus.com

Wageningen,
The Netherlands
Phone: +31-317-497677
E-mail: info@noldus.nl

Freiburg, Germany
Phone: +49-761-4701600
E-mail: info@noldus.de

www.noldus.com

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR BEHAVIORAL RESEARCH

Noldus
INFORMATION TECHNOLOGY