

De grijze doos, help het besturende orgaan!

Citation for published version (APA):

Boer, den, A. A. A., & Schaaf, van der, T. W. (1993). De grijze doos, help het besturende orgaan! *Informatie*, 35(9), 547-555.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1993

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

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.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

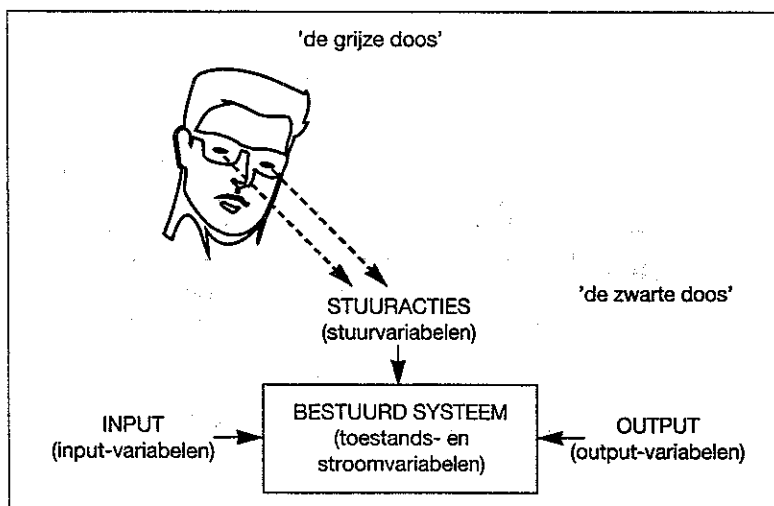
openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

De grijze doos: Help het besturende orgaan!

Arjen A.A. den Boer en Tjerk W. van der Schaaf

Om effectief te kunnen sturen, heeft een beslisser een intern model nodig van de besturingssituatie. Hoe vager dit model 'in het hoofd' van de beslisser is, hoe slechter gestuurd kan worden. Het mentale model dat het besturend orgaan heeft van het bestuurd systeem, kan een 'primitieve', 'intuïtieve' of 'rationele' inhoud hebben. In complexe beslissingssituaties – bijvoorbeeld in de logistieke beheersing – is de menselijke beslisser vaak niet in staat een beter dan primitief model te ontwikkelen: sturing gebeurt dan op grond van vuistregels. Eén van de oorzaken is dat het menselijk beslissingsmechanisme cognitief beperkt is. Cognitieve beperkingen zijn evident in een veeleisende complexe, dynamische en 'ondoorzichtige' besturingssituatie. De stelling is dat de menselijke beslisser bij dit type beslis-situaties, veel meer dan tot nu toe het geval is, kan worden geholpen bij de opbouw van een effectief mentaal model. Eén van de manieren om de beslisser hierbij te helpen, is het aanbieden van geheugenondersteuning. In dit artikel wordt het effect van geheugenondersteuning onderzocht in een gesimuleerde (semi-)complexe logistieke besturingstaak. Twee groepen proefpersonen zijn onderling vergeleken, de ene groep met en de andere groep zonder geheugenondersteuning. De groep met geheugenondersteuning toonde een significant betere prestatie in de besturingstaak. De verwachting is dat het positieve effect van geheugenondersteuning in de nog complexere praktijk alleen maar groter kan zijn. Het experiment leverde tenslotte twee andere interessante resultaten op: de geheugenondersteuning leidde ook tot een significante verschuiving in de gehanteerde regelstrategie (de regelfrequentie) en er bleken grote individuele verschillen te bestaan in het feitelijk gebruik van de geheugenondersteuning. Tot slot wordt in dit artikel gewezen op implicaties voor beslissingsondersteuning en zijn aanbevelingen opgenomen voor ontwerpers van informatiesystemen.



Figuur 1: Schema van variabelen van een bestuurd systeem (Bemelmans, 1991). Het getekende hoofd van de bestuurder (besturend orgaan) is aan de oorspronkelijke figuur toegevoegd

1 Inleiding

In de systeemleer is het gebruikelijk bij een besturingssituatie onderscheid te maken in: een bestuurd systeem, dat moet worden bestuurd; een besturend orgaan, dus de persoon of de machine die bestuurt; en een omgeving, die al dan niet verstorend werkt op het bestuurd systeem en/of besturend orgaan. Het bestuurd systeem kan men weergeven als een 'black box' met een input en een output (figuur 1). In dit artikel wordt de aandacht gevestigd op de 'grey box' van het menselijk besturend orgaan, dat is het mentale model dat een bestuurder in zijn hoofd heeft van het te besturen systeem. Om effectief te kunnen sturen, heeft een beslisser zo'n model nodig. Hoe vager dit model van de beslisser is, hoe slechter gestuurd kan worden.

Landeweerd (1978) onderscheidt een aantal 'cognitieve functies' die het besturend orgaan uitvoert bij de regeling en sturing van systemen:

- *detectie en discriminatie* van signalen, hetzij vanaf een display, hetzij direct uit het proces;
- *interpretatie* van deze signalen in relatie tot elkaar, zodat men weet wat er gebeurt;
- *voorspellen* van het toekomstig gedrag van het proces als niet zou worden ingegrepen;
- *kennis van ingreepmogelijkheden*, de effecten van elk van de mogelijkheden en hun onderlinge relaties;
- *beslissen*, welke actie het meest waarschijnlijk tot het gewenste resultaat zal leiden of ongewenste ontwikkelingen zal vermijden.

Het voorspellen en het beslissen in het kader van besturing is slechts mogelijk indien de bestuurder beschikt over een model van het te besturen systeem. Landeweerd spreekt over het 'mentale procesmodel', indien het gaat om de interne representatie van het functioneren van het te besturen proces. Met 'interne representatie' wordt bedoeld de in het lange-termijngeheugen aanwezige 'afbeelding' van (aspecten van) de werkelijkheid. Het gaat daarbij steeds om relaties tussen procesvariabelen onderling en/of tussen ingrepen en procesvariabelen.

Het mentale procesmodel van de bestuurder bestaat uit de kennis, die hij heeft over de relaties tussen de variabelen in figuur 1, met name:

- kennis over relaties tussen veranderingen of ingrepen in de input en de op grond daarvan veranderende output;
- kennis over relaties tussen ongewenste output en de ingrepen die verricht moeten worden om de gewenste output te krijgen.

Het model dat het besturend orgaan van het bestuurd

systeem heeft, kan inhoudelijk 'primitief', 'intuïtief' of 'rationeel' zijn (Bemelmans, 1991). Een *primitief model* is vaak het gevolg van een 'ongestructureerde beslissingssituatie': variabelen zijn deels wel en deels niet bekend; relaties tussen variabelen (structuur) zijn onbekend; en sturing is alleen mogelijk op grond van vuistregels. Een *intuïtief model* is het gevolg van een 'deels gestructureerd beslissingsprobleem': men kent weliswaar in deze situatie vele relevante variabelen, maar men heeft slechts een intuïtieve notie van de samenhang tussen deze variabelen; sturing gebeurt op grond van intuïtie en ervaring. Alleen bij een 'volledig gestructureerd' beslissingsprobleem kan een *rationeel model* gevormd worden: zowel de variabelen als de samenhang daartussen is volledig bekend; sturing kan gebeuren op grond van rationeel doorrekenen van het model.

2 Het probleem

Hoe beter een beslissingsprobleem kan worden gedefinieerd, hoe rationeler het mentale model van de beslisser er in principe uit kan zien. Nu treft men in de bedrijfskundige praktijk veel onvolledig-gedefinieerde problemen aan. De beslisser is dan slechts in staat een beperkt en onvolledig mentaal model te ontwikkelen. Vlek en Wagenaar (1976) noemen de volgende eisen waaraan een goed-gedefinieerd beslissingsprobleem zou moeten voldoen:

- a de verzameling van te kiezen alternatieve handelwijzen is volledig bekend;
- b van iedere handelwijze zijn, tot aan een bepaalde tijdshorizon, alle relevante consequenties precies bekend;
- c de waarschijnlijkheid van consequenties-bepalende omstandigheden en het nut van consequenties kunnen in beginsel door de beslisser worden gekwantificeerd;
- d de beslisser heeft een vantevoren duidelijk gespecificeerd doel voor ogen.

In de weerbarstige praktijk zal men de boven beschreven situatie nauwelijks aantreffen. Tegenwoordige beslistaken kenmerken zich volgens Brehmer (1990) door een toegenomen:

- 1 complexiteit;
- 2 dynamiek; en
- 3 ondoorzichtigheid (*opacity*).

'Complexiteit' heeft onder andere te maken met het aantal zaken dat een beslisser in overweging moet nemen: er kunnen verschillende, zelfs tegengestelde doelen zijn, zodat men gedwongen is trade-offs te maken; er zijn gekoppelde processen, met als gevolg dat er neveneffecten optreden bij bepaalde acties; en de beslisser kan kiezen uit een aantal mogelijke acties. 'Dynamiek' betekent dat

er sprake is van een geheugen: de huidige toestand is een functie van de interactie tussen de beslisser en het systeem in het verleden. Tevens houdt de term in dat veranderingen in de omgeving optreden, autonoom of ten gevolge van ingrepen van de beslisser. Hierdoor verandert het beslissingsprobleem steeds weer. Het 'opaque' karakter komt tot uiting in het feit dat niet alles observeerbaar is, en dat de beslisser zelf moet oordelen en consequenties moet trekken uit datgene wat wel waarneembaar is.

Het ondoorzichtige karakter van de tegenwoordige arbeid is volgens Brehmer (1987) het gevolg van de opkomst van de moderne technologie. Hij stelt dat vroeger een persoon een mentaal model van het bestuurd systeem kon ontwikkelen op basis van directe ervaring. Concrete informatie over alle stappen van de te besturen processen was voorhanden. De moderne technologie maakt dit onmogelijk. De relaties tussen acties en uitkomsten zijn vaak verborgen in complexe en afhankelijkke deelprocessen. De beslisser kan dan de intermediaire processen, tussen actie en uitkomst, nauwelijks observeren.

De informatie die beschikbaar komt voor besluitvorming, is eveneens van karakter veranderd. De representatie van de werkelijkheid is vaak abstract en indirect, en gebaseerd op modellen van ontwerpers met het expliciete of impliciete doel een *range* aan te voorzien beslissingen te ondersteunen. Het gevolg hiervan is dat de ervaring van de beslisser mentaal en abstract, in plaats van fysiek en concreet is geworden. De vraag die Brehmer opwerpt, is hoe mensen in staat zijn mentale modellen te vormen die hen helpen bij beslissingen, onder condities waar men slechts weinig inzicht heeft in het proces dat men bestuurt.

3 Experimenteel onderzoek

In recent onderzoek naar de wijze waarop mensen complexe en dynamische systemen besturen, wordt gebruik gemaakt van experimenten in zogeheten *microworlds* (Brehmer, 1990). In een *microworld* bestuurt een proefpersoon bijvoorbeeld als burgemeester een stad, of bestrijdt als brandweercommandant branden in een woud. Het complexe, het dynamische en het ondoorzichtige karakter maken *microworlds* representatief voor de cognitieve taken van beslissers in moderne organisaties. De resultaten van experimenten van Brehmer tonen aan dat het beslissers niet lukt juiste predictieve modellen te vormen bij de besturing van complexe dynamische systemen. In plaats daarvan reageert men alleen op directe feedback. De implicatie voor systeemontwerper is dat systeemontwerpers er niet vanuit mogen gaan dat beslissers vanzelf wel goede mentale modellen ontwikkelen van complexe systemen. Brehmer stelt dat dit betekent dat we hulpmiddelen (bijvoorbeeld informatiesystemen)

moeten ontwerpen om personen te helpen bij de ontwikkeling van dit soort modellen, ofwel hulpmiddelen die de noodzaak tot het maken van predictieve modellen elimineren.

Zowel Landeweerd (1978) als Brehmer (1987) wijzen op problemen die kunnen optreden bij de vorming van een goed mentaal model voor beslisser in veeleisende beslissingssituaties. Beiden komen tot aanbevelingen voor het ontwerp van ondersteunende informatiesystemen. Landeweerd stelt dat een informatiesysteem de beslisser in staat zou moeten stellen zich de diverse procesvariabelen en de relaties ertussen vanuit elke variabele voor te stellen en deze 'in gedachten' (gesteund door het informatiesysteem) te doorlopen. Ook zou het een grote hulp zijn, wanneer de beslisser dankzij het informatiesysteem in staat zou zijn het belang van de informatiebronnen en het belang van de relaties (vooral bijvoorbeeld bij storingsdiagnose) beter te beoordelen. Een informatiesysteem zou de belangrijkste variabelen op meer pregnante wijze kunnen presenteren.

Deze aanbevelingen zijn aannemelijk, zeker als we bedenken dat de menselijke beslisser cognitief beperkt is. Reason (1990) spreekt in aanvulling op Simons *bounded rationality*, ook over *imperfect rationality*, ten gevolge van het te zeer vertrouwen op simpele heuristieken, en *reluctant rationality*, veroorzaakt door de geneigdheid tijdsintensieve mentale operaties te vermijden, die nodig zijn voor analytisch redeneren. Cognitieve beperkingen (*biases*) komen duidelijk naar voren in een veeleisende besturingssituatie (Hogarth, 1980).

Het uitgangspunt is dat de menselijke beslisser bij complexe en dynamische beslissingssituaties, veel meer dan voorheen mogelijk was, kan worden geholpen bij de opbouw

van een effectief mentaal model. Eén van de manieren om de beslisser hierbij te helpen, is het aanbieden van geheugenondersteuning.

In het vervolg van deze paragraaf wordt het effect van geheugenondersteuning onderzocht in een gesimuleerde (semi-)complexe logistieke besturingstaak, nagebootst in een laboratoriumsituatie. Twee groepen proefpersonen worden onderling vergeleken, de ene groep *met* en de andere groep *zonder* geheugenondersteuning.

De *hypothese* is, dat proefpersonen met geheugenondersteuning zich een beter mentaal beeld kunnen vormen, en daardoor in staat zijn een betere besturingsprestatie te behalen dan proefpersonen zonder geheugenondersteuning.

Proefpersonen

Aan het experiment werkten 28 proefpersonen mee, in leeftijd variërend van 21 tot 33 jaar. De proefpersonen waren allen ouderejaars studenten aan de Faculteit Technische Bedrijfskunde van de TU Eindhoven en bekend met logistieke begrippen en theorieën.

Instructie

Het doel van de experimentele taak was het zo goedkoop mogelijk garanderen van een hoge materiaalbeschikbaarheid bij een klein artikelpakket (8 artikelen) gedurende 15 opeenvolgende perioden. Per periode (in vaktermen: 'run') werden drie weken gesimuleerd. Via computerbeeldschermen kregen de proefpersonen de besturingsinformatie gedurende de 45 weken voorgeschoteld. Door manipulatie van het toetsenbord konden ze besturingsinformatie opvragen en ingrijpen in het proces. Als concreet doel werd gesteld dat een proefpersoon zo snel mogelijk een servicegraad van minimaal 85% moest zien te bereiken en te handhaven, om vervolgens

Status :		Run nr. 1 Totaal aantal runs : 15			Weeknr. : 1 Totaal aantal weken : 45		
Kolom :	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Artikel	Prijs	Planning	Aanvoer	Verbruik	Veiligheids- voorraad	Spoedbestelling
	Accu	220	450	461	452	0	0
	As	13	7450	7347	6134	0	0
	Bout	3	38500	40549	38724	0	0
	Motor	4000	25	24	26	1	0
	Kabel	8	12050	12051	12048	0	0
	Lager	83	1200	1180	1200	0	0
	Pomp	1333	75	72	75	0	0
	Trafo	400	250	255	240	0	0
Menu :		1 SPOEDBESTELLINGEN		2 ARTIKELKOSTEN		3 NAAR VOLGENDE WEEK	

Figuur 2: Een voorbeeld van het 'weeckscherm'

de totale kosten te minimaliseren. De servicegraad was uitgedrukt als de verhouding van het aantal artikelen waar geen tekort is opgetreden ten opzichte van het totaal aantal artikelen gedurende een run. De totale kosten die men moest trachten te minimaliseren, bestonden uit: spoedbestelkosten, veiligheidsvoorraadkosten en run-out-kosten.

Het experiment begon met een schriftelijke instructie over het doel en de werkwijze van de taak. Na de instructie werd een reeks oefeningen doorlopen, waarbij vragen werden beantwoord. De instructie en oefening duurden in totaal één uur.

Operationele beslistaak

Elke week wordt de proefpersoon geïnformeerd over de toestandsinformatie van de acht te besturen artikelen. In figuur 2 is hiervan een voorbeeld gegeven. Elk artikel heeft een naam, een aanschafprijs per stuk en een gepland verbruik per week. Materiaal wordt automatisch besteld volgens afroepschema's die bekend zijn bij de leveranciers. Elk artikel heeft één leverancier. De bestelgrootte is steeds gelijk aan de planning volgens kolom 3. Deze planning blijft constant over de te simuleren 45 weken, de aanschafprijs (kolom 2) van de artikelen ook. Het probleem is dat de aanvoer en het verbruik (kolom 4 en 5) van een artikel niet altijd met de planning overeenkomen. Een leverancier levert bijvoorbeeld niet altijd het geplande aantal stuks. De afwijking volgt een zekere stochastische verdeling, die onbekend is voor de proefpersoon. Bijvoorbeeld ziet men, in figuur 2, dat de motorleverancier één exemplaar minder heeft geleverd dan gepland was. Ook het verbruik per week vertoont stochastische afwijkingen ten opzichte van de planning. Voor elk artikel is de afwijking van de aanvoer en het verbruik ten opzichte van de planning anders ingesteld.

Indien de aanvoer in een week groter is dan het verbruik, is dit niet erg: volgens contractuele afspraken kan niet-gebruikt materiaal altijd op kosten van de leverancier geretourneerd worden. Er ontstaat daarentegen wel een ernstig probleem indien er een tekort dreigt voor een artikel, ofwel indien het verbruik groter blijkt te zijn dan de aanvoer. De proefpersoon dient eerst te kijken of dit verschil kan worden opgevangen met de beschikbare veiligheidsvoorraad (kolom 6). Als de veiligheidsvoorraad nul is, of ontoereikend om het verschil op te vangen, dient de proefpersoon altijd een spoedbestelling te plaatsen om de aanvoer dekkend te krijgen. Dit gebeurt door met de cursor het artikel te selecteren, daarna 'knop 1' van het menu in te drukken, om vervolgens de grootte van de bestelling in te typen. Een geplaatste bestelling wordt gepresenteerd in kolom 7 en kan nog gewijzigd

worden voordat men naar een volgende week overgaat. Bij het artikel 'Motor' is het verbruik bijvoorbeeld 2 stuks groter dan de beschikbare aanvoer, maar omdat er een veiligheidsvoorraad beschikbaar is van 1 stuks, hoeft de proefpersoon slechts een spoedbestelling van één stuk te plaatsen. Het plaatsen van een succesvolle spoedbestelling kost 10% van de artikelprijs per stuk.

Een complicerende factor is dat niet alle leveranciers even flexibel spoedorders kunnen accepteren. Een leverancier kan slechts voor 30% of 70% aan de verzoeken voldoen. De proefpersoon is niet op de hoogte van deze precieze percentages en weet dus vantevoren niet welke leveranciers meer of minder flexibel zijn. Indien een spoedbestelling niet wordt geaccepteerd, wordt dit direct na de afsluiting van het wekscherm via een berichten-scherm gerapporteerd. Als dat laatste gebeurt, of als een proefpersoon een spoedbestelling over het hoofd heeft gezien, ontstaat een tekort en dat is kostbaar. Een tekort kost 300% van de artikelprijs per stuk. Het aantal stuks ontstane tekort per artikel wordt eveneens via het berichtenscherm na de afsluiting van elke week gerapporteerd.

Tactische beslistaak

Een proefpersoon wordt, indien hij de minimale servicegraad wil bereiken, vanzelf gedwongen bij artikelen met een hoge verstoringkans en/of een lage leverflexibiliteit een zekere hoeveelheid veiligheidsvoorraad neer te leggen. Na elke run, ofwel na elke drie weken, wordt de proefpersoon opnieuw in de gelegenheid gesteld op 'tactisch' niveau in te grijpen, dat wil zeggen: hij kan een veiligheidsvoorraad voor een artikel instellen of een vorige instelling aanpassen. Hiervoor is een apart evaluatiescherm opvraagbaar na elke run (zie figuur 3). Een ingestelde veiligheidsvoorraad is in de volgende weken continu beschikbaar en wordt automatisch aangevuld. Het op voorraad houden van een artikel kost per week 20% van de artikelprijs per stuk.

Op het evaluatiescherm wordt na elke run een terugkoppeling gegeven van belangrijke prestatie-, proces- en ingreepinformatie (zie de rechterkant van figuur 3). De 'totale kosten' worden absoluut uitgedrukt. Ook de relatieve percentages van voorraad-, bestel- of run-out-kosten zijn weergegeven. De 'servicegraad' is als een procesgrootte gepresenteerd. Het is mogelijk eenzelfde servicegraad met meer of minder kosten te bereiken, afhankelijk van de vraag hoe goed men de veiligheidsvoorraad verdeelt over de artikelen. Het verschil tussen het totaal aantal 'gepoogde spoedbestellingen' en het totaal aantal 'geaccepteerde spoedbestellingen' is een maat voor de flexibiliteit van de leveranciers. Het percentage 'verbruik groter dan aanvoer' geeft aan bij hoeveel procent van de artikelen deze situatie in de afgelopen run is

toegezien dat de proefpersonen de taak individueel uitvoerden. Er werd geen maximale tijdsduur gesteld voor de taakuitvoering.

Apparatuur en dataverzameling

Een simulatieprogramma (Berends, 1991) is geïmplementeerd op de personal computers in de experimenteer-ruimte. Het programma registreerde van elke proefpersoon de prestatie, het informatie-opvraagdgedrag en de gepleegde ingrepen per artikel in de tijd.

4 Resultaten en discussie

Prestatieverschillen tussen de groepen

De prestatie van de proefpersonen is af te meten aan de mate waarin men het doel van de laboratoriumtaak bereikt. De doelstelling van de taak is het zo snel mogelijk bereiken en handhaven van een minimale servicegraad van 85%, waarna men de totale logistieke kosten moet minimaliseren. Deze doelstelling is opgebouwd uit twee te scheiden onderdelen:

- het bereiken van een zekere grenswaarde: het minimale servicegraadniveau;
- het minimaliseren van een zekere doelgrootheid: de totale logistieke kosten.

De prestatie van de experimentele groepen wordt zowel op het terrein van de servicegraad als op dat van de kostenprestatie vergeleken.

De servicegraadprestatie is beter naarmate men in de tijd vaker het minimum-serviceniveau van 85% positief weet te behalen. Deze prestatie kan men meten door te kijken hoe de gemiddelde serviceprestatie zich verhoudt tot de grens. Het aantal proefpersonen dat over de 45 weken de gemiddelde 85%-grens niet heeft behaald, verschilt *significant* tussen beide condities (Chi-kwadraat-toets, $P \leq 0,05$). In de groep zonder geheugenondersteuning hebben namelijk vier van de 13 proefpersonen de grens niet gehaald (31%), bij de groep met geheugenondersteuning behaalden allen deze grens. De verschillen tussen de groepen zijn waarneembaar indien de figuren 5

		1 Groep zonder geheugenonderst. (13 proefpers.)	2 Groep met geheugenonderst. (15 proefpers.)
de som van de runout-kosten, veiligheidsvoorraadkosten en de spoedbestelkosten over 15 runs, in guldens ($\times 15$)			
gemiddeld	:	121897	115220
mediaan	:	120905	112383
standaarddeviatie	:	11419	6907

Tabel 1: 'Optimizing-prestatie: de totale kosten'

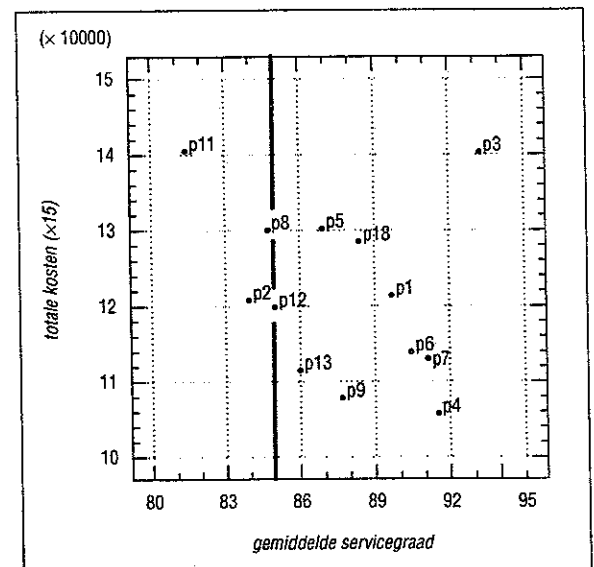
en 6 worden vergeleken. De verticale lijn loodrecht op de X-as geeft het minimum-servicegraadniveau aan. De proefpersonen links van deze lijn zijn niet in staat geweest het gemiddelde serviceniveau over de 45 weken te bereiken.

De totale kostenprestatie is beter naarmate de totale logistieke kosten over de 15 runs lager zijn. Uit tabel 1 blijkt dat de proefpersonen zonder geheugenondersteuning gemiddeld meer totale kosten maken dan de proefpersonen met geheugenondersteuning. Dit verschil is *significant* (eenzijdige *t*-toets, $P \leq 0,05$). De verschillen tussen de groepen zijn waarneembaar indien de figuren 5 en 6 worden vergeleken (de variatie op de Y-assen).

Verschillen in het gebruik van de geheugenondersteuning

Het informatieverwerkingsgedrag betreft de wijze waarop de detailbesturingsinformatie uit de geheugenondersteuning wordt opgevraagd en gebruikt. Het aantal keren dat proefpersonen de geregistreerde detailinformatie – onder de 'knop 2' van het toetsenbord – hebben opgevraagd, varieert aanmerkelijk (figuur 7). Proefpersoon 18 heeft bijvoorbeeld 48 maal informatie opgevraagd en proefpersoon 20 meer dan 200 keer; dat is ruim viermaal zoveel.

Ook het totaal aantal seconden dat de opgevraagde informatie op het beeldscherm zichtbaar was, varieert. Die tijd is een maat voor de intensiteit waarmee de proefpersonen de opgevraagde informatie hebben bekeken. Vergelijk bijvoorbeeld proefpersoon 22 met proefper-



Figuur 5: Prestatieverschillen tussen proefpersonen in de groep *z*onder geheugenondersteuning

aantal keren dat de veiligheidsvoorraad van de 8 artikelen zijn aangepast over 15 runs	conditie:	1 Groep zonder geheugenonderst. (13 proefpers.)	2 Groep met geheugenonderst. (15 proefpers.)
	gemiddeld :		32,8
mediaan :		34,0	49,0
standaarddeviatie :		9,1	15,2

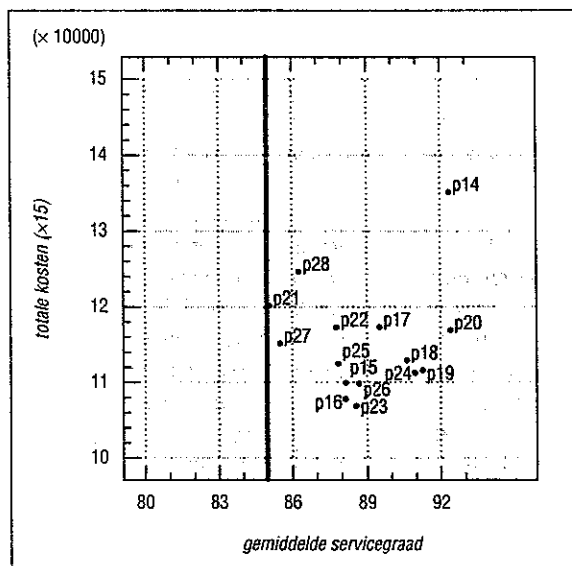
Tabel 2: 'Verschillen in de totale regelfrequentie: tactisch handelen'

soon 25. Beiden hebben ongeveer evenveel informatie opgevraagd (de positie op de X-as is vergelijkbaar), maar proefpersoon 25 is in totaal driemaal zolang met de informatieverwerking bezig geweest.

Het feitelijk gebruik van de aangeboden informatie via de geheugenondersteuning verschilt aanmerkelijk van persoon tot persoon. Dit gegeven zet aan het denken: is het wenselijk om het interface-gebruik in een productiebedrijf vantevoren te uniformeren of juist om het vrij te laten voor de gebruiker?

Verschillen in het tactisch regelgedrag tussen de groepen

Het tactische regelgedrag betreft de wijze waarop wordt omgegaan met de mogelijkheid tot het aanleggen van een veiligheidsvoorraad. Na elke drie weken (ofwel na elke run) beoordeelt een proefpersoon welke artikelen een aanpassing van de veiligheidsvoorraad behoeven. Het aantal maal dat een veiligheidsvoorraad van een artikel wordt aangepast – naar boven of naar beneden toe –



Figuur 6: Prestatieverschillen tussen proefpersonen in de groep *mét* geheugenondersteuning

wordt de *regelfrequentie* genoemd. Het blijkt dat proefpersonen met geheugenondersteuning gemiddeld frequenter regelen dan proefpersonen zonder geheugenondersteuning (tabel 2). Dit verschil is *significant* (tweezijdige *t*-toets, $P \leq 0,05$).

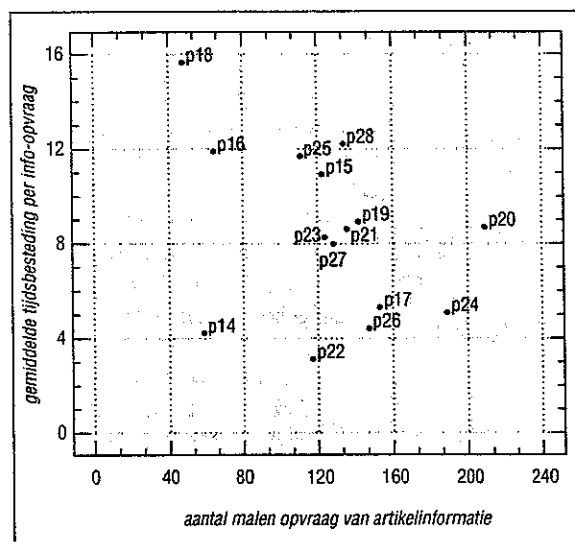
Wat is de verklaring van dit verschil? Proefpersonen zonder ondersteuning konden alleen afgaan op hun eigen (beperkte) geheugen en onderscheidingsvermogen en zullen ongetwijfeld alleen die enkele artikelen aanpassen waar het duidelijk misgegaan is of waar een eerdere ingreep duidelijk tekort is geschoten. Proefpersonen met geheugenondersteuning kunnen hun *kennisonzekerheid* reduceren door informatie uit het systeem op te vragen. In plaats van het 'intuïtieve' eigen model, raadpleegt men dan een 'rationeel' model. De artikelinformatie geeft zekerheid of de serviceprestatie van één artikel boven of onder de norm is en of de kosten zijn gestegen of gedaald. Meer kenniszekerheid heeft in deze taak geleid tot een frequenter en doeltreffender ingrijpen.

5 Implicaties

De uitkomsten van het experiment wijzen in de richting dat het aanbieden van geheugenondersteuning het beslissinggedrag en de prestatie van de bestuurder kan verbeteren. De kwaliteit van het mentale model geldt hierbij als intermediaire en verklarende grootheid. Welke conclusies verbinden we aan de uitkomsten van het experiment?

Aanbevelingen voor ontwerpers van informatiesystemen

Bij verbetering van een bestaande (of nieuwe) beslissingsondersteuning dient primair vanuit het perspectief



Figuur 7: Verschillen in het gebruik van de geheugenondersteuning: opvraag van artikelinformatie

van het besturende orgaan – en niet het bestuurd systeem – gekeken te worden. Aanbevolen wordt de cognitieve functies en taken die het besturende orgaan moet vervullen, eerst nauwkeurig te omschrijven. Per taak en cognitieve functie in het informatieverwerkings- en beslissingsproces (zoals identificatie, discriminatie, voorstellen enzovoorts), wordt dan vervolgens de nodige invoer, doorvoer en uitvoer van informatie vastgelegd. Het resultaat is een 'cognitieve taakanalyse' van het besturende orgaan. Dit is heel wat anders dan een 'technische informatie-analyse' gebaseerd op de eigenschappen van het bestuurd systeem.

Vervolgens dient men in te zoomen op de 'kritieke rol van de menselijke bestuurder'. In een analyse dient men te beoordelen of de cognitieve mogelijkheden en beperkingen van het besturende orgaan en de eisen die het systeem stelt, wel goed op elkaar zijn afgestemd. Wat is op het micro-organisatorische niveau van de individuele taakuitvoerder het meest kritisch? Is dit bijvoorbeeld, het aandacht houden, het geheugen, het oordelen of het beslissen? Voor zo'n analyse kan men gebruik maken van onderzoeksresultaten die aangeven voor wat voor cognitieve taken mensen goed of minder goed geschikt zijn. Ontwerpers zouden kennis op het gebied van *human biases*, *human error* en *human recovery* (Van der Schaaf, 1992) zeer effectief kunnen toepassen bij de opzet, bouw en evaluatie van informatiesystemen. Uit eigen ervaring stellen we dat dit soort inzichten uit de cognitieve psychologie succesvol in bestaande ontwerpmethodieken geïntegreerd kan worden.

Implicaties voor beslissingsondersteuning

Als ontwerper staat men voor de opgave de beslisser te helpen bij het bewaren van het overzicht over en inzicht in het te besturen systeem of proces. Bij het ondersteunen van de opbouw van een mentaal model in complexe en dynamische besturingstaken, zoals gebruikt in het beschreven experiment, zijn drie ontwerpaspecten cruciaal (Den Boer, 1992):

- 1 Een beslisser dient een evenwichtig overzicht en inzicht te hebben in de te besturen 'onderdelen' en het 'totaal'. Dit betekent dat feedback van informatie aangeboden moet worden op twee niveaus van besturing:
 - het *detailniveau*, dat wil zeggen informatie afzonderlijk per te besturen regelkring (in het experiment is dat één artikel/leverancier-combinatie);
 - het *aggregaatniveau*, dat wil zeggen informatie geaggregeerd over alle te besturen regelkringen (in het experiment is dat het totale artikelpakket van één planner).
- 2 Een beslisser dient vervolgens een evenwichtig beeld

te hebben van het functioneren van het te besturen systeem en zijn invloed hierop. Dit betekent dat de feedback van informatie integraal van karakter moet zijn, dat wil zeggen de feedback heeft betrekking op alle factoren en relaties van het mentale model (figuur 1), namelijk met betrekking tot:

- de prestatie (output);
- de procesverstoringen (input);
- de ingrepen van de beslisser (stuuracties), en
- de toestandsvariabelen (throughput).

Essentieel is de kwaliteit van de kennis die de beslisser heeft over:

- de feitelijke totstandkoming van de prestatie;
- het feitelijke mechanisme (oorzaak en gevolg) van het *beslisgedrag*. De aan te bieden informatie dient zodanig te zijn dat een beslisser hiermee adequate kennis kan opbouwen.

- 3 Een beslisser dient, wil hij zinvol van de informatie gebruik kunnen maken, op een gebruikersvriendelijke wijze ondersteund te worden. Dit betekent onder andere dat de beslisser vrijheid krijgt om te bepalen wanneer hij welke informatie kan raadplegen, dat een interface de gebruiker eenvoudig toegang biedt tot die informatie en dat de informatie vervolgens op een heldere wijze (numeriek en/of grafisch) wordt gepresenteerd. De kern hierbij is, dat de bruikbaarheid van informatie-feedback voor de beslisser direct is gekoppeld aan de mate waarin deze ondersteuning biedt bij de uitvoering van specifieke *cognitieve functies* (paragraaf 1), die nodig zijn voor een effectieve besturing.

6 Besluit

Twee groepen proefpersonen zijn in het experiment onderling vergeleken, de ene groep *met* en de andere groep *zonder* geheugenondersteuning. De groep met geheugenondersteuning toonde een significant betere servicegraad en totale kostenprestatie. Als verklaring geldt dat de proefpersonen met geheugenondersteuning in staat waren een rationeler model van het bestuurd systeem te hanteren, dan de groep die alleen kon afdelen op de eigen (beperkte) cognitieve capaciteiten. Het effect van geheugenondersteuning blijkt reeds significant te zijn in deze semi-complexe besturingstaak, (de proefpersonen bestuurd slechts acht artikelen en beschikten slechts over twee ingreepmogelijkheden) Het experiment demonstreert daarmee dat de ontwerpers van besturingssystemen er niet zonder meer vanuit mogen gaan dat het besturende orgaan vanzelf wel een correct mentaal model vormt van het bestuurd systeem. Dit experiment en de *microworld*-experimenten van Brehmer (1990) tonen aan dat dit pertinent niet het geval is. De menselijke beslisser dient dus nadrukkelijk bij de opbouw van een ra-

tioneel mentaal model geholpen te worden.

Bij de ondersteuning van de 'grijze doos' verdienen drie ontwerpaspecten met name aandacht:

- 1 het aggregatieniveau van de feedback;
- 2 de integratie van informatie en
- 3 de cognitieve waarde van de informatie.

Beslissingsondersteuning dient meer vanuit het perspectief van het besturende orgaan, dan vanuit dat van het bestuurd systeem, te worden ontworpen en geëvalueerd. Met behulp van een cognitieve taakanalyse kan men beoordelen welke mentale processen kritisch zijn in de besturing en wat hieraan gedaan kan worden. Cognitieve ondersteuning voor beslissers is essentieel in de veeleisende complexe, dynamische en 'ondoorzichtige' besturingssituaties, zoals we die steeds meer in de hedendaagse productie-organisaties aantreffen.

Literatuur

Bemelmans, T.M.A. (1991). *Bestuurlijke informatiesystemen en automatisering*, Kluwer Bedrijfswetenschappen, Deventer, 5e druk.

- Berends, E. (1991), *Simulatie materiaalverwerking*, intern rapport T&A, Ergonomiereeks nr. 83, Faculteit Bedrijfskunde TU Eindhoven.
- Brehmer, B. (1987), 'Development of mental models for decision in technological systems', in: J. Rasmussen, K. Duncan en J. Leplat (eds.), *New technology and human error*, John Wiley & Sons, Chichester
- Brehmer, B. (1990), *Experiments with computer simulated microworlds: escaping the narrow straits of the laboratory as well as the deep blue sea of the field study*, Paper presented at the symposium 'La Psychologie du Travail et les Nouvelles Technologies', Université de Liège, 17-18 mai 1990.
- Den Boer, A.A.A. (1992), *Beslissingsondersteuning voor materiaalplanners*, proefschrift Technische Universiteit Eindhoven.
- Landeweerd, J.A. (1978), *Interne procesrepresentatie bij leerling-operators*, proefschrift Technische Hogeschool Eindhoven, Wibro, Helmond.
- Reason, J. (1990), *Human error*, Cambridge University Press, New York.
- Schaaf, T.W. van der (1992), *Near miss reporting in the chemical process industry*, proefschrift Technische Universiteit Eindhoven.
- Vlek, C.A.J. en W.A. Wagenaar (1976), 'Oordelen en beslissen in onzekerheid', in: J.A. Michon, E.G.J. Eijkman, L.F.W. de Klerk, *Handboek der Psychonomie*, Van Loghum Slaterus, Deventer

Dr. ir. Arjen A.A. den Boer (part time) en dr. Tjerk W. van der Schaaf zijn verbonden aan de Faculteit Technische Bedrijfskunde van de Technische Universiteit Eindhoven. Den Boer is daarnaast als management consultant werkzaam bij Lighthouse Consulting Group B.V.