

Factoranalyse van een correlatie-matrix uit Guilford's structure of intellectmodel.

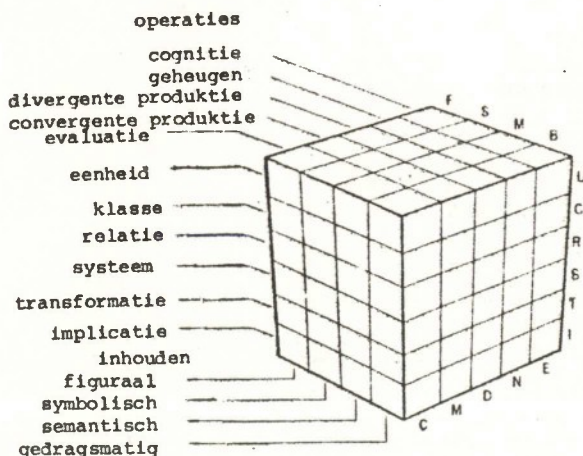
G.J. Mellenbergh.

1. Inleiding

In Guilford's theorie over de structuur van de intelligentie (Guilford, 1967) worden drie classificatie-principes gebruikt om de intelligentie te beschrijven:

- (1) operaties: dat wat iemand doet met de informatie, die hij krijgt; er worden vijf operaties onderscheiden:
 - cognitie: herkenning van informatie
 - geheugen
 - divergente produktie: genereren van informatie in reactie op gegeven informatie; de nadruk ligt op het bereiken van variëteit van de produkten
 - convergente produktie: genereren van informatie in reactie op gegeven informatie; de nadruk ligt op het bereiken van het "beste" produkt
 - evaluatie: nemen van beslissingen over informatie.
- (2) inhouden:
 - figuraal: informatie in concrete of tastbare vorm
 - symbolisch: informatie in de vorm van symbolen
 - semantisch: informatie in de vorm van kennis
 - gedragsmatig: informatie in menselijke interacties.
- (3) produkten: het resultaat van het verwerken van informatie; er worden vijf typen produkten onderscheiden:
 - eenheid: een relatief goed omschreven stuk informatie
 - klasse: een verzameling van eenheden van informatie
 - relatie: verbanden tussen informatie-eenheden
 - systeem: een structuur van informatie-eenheden
 - transformatie: een verandering in bestaande informatie
 - implicatie: een extrapolatie vanuit informatie.

Dit classificatie-systeem levert een kubus met 5 (operaties) x 4 (inhouden) x 6 (produkten) = 120 verschillende hokjes:



De theorie van Guilford houdt nu in dat er voor elk van de 120 hokjes een aparte intelligentie-faktor gepostuleerd wordt.

In de praktijk van het onderzoek houdt dit in dat men veronderstelt dat metingen, verricht met instrumenten uit hetzelfde hokje, substantieel zullen samenhangen; bovendien houdt dit in dat metingen, verricht met instrumenten uit verschillende hokjes, weinig zullen samenhangen, in ieder geval minder dan binnen de afzonderlijke hokjes.

Door Wouda (1974) werd 'maximum likelihood' faktoranalyse - in het vervolg kortweg aangeduid als 'faktoranalyse' - toegepast op een correlatie-matrix, ontleend aan een rapport van Hoepfner, Guilford en Bradley (1968); er werd daarbij gebruik gemaakt van een programma van Jöreskog, Gruvaes en van Thillo (1970). De matrix bestond uit correlatie coëfficiënten berekend bij 197 proefpersonen tussen dertien tests, die wat betreft inhoud en produktie alle behoren tot dezelfde klasse van het intelligentie-model van Guilford en wel tot de semantische (M) en de transformatie (T) klasse. De tests verschillen echter van elkaar wat betreft de vijf klassen behorend tot de operatie-categorie; telkens twee of drie tests behoren tot dezelfde klasse van de operatie-categorie:

- C : cognitie
- M : geheugen
- D : divergente produktie
- M : convergente produktie
- E : evaluatie.

Volgens Guilford's theorie moet een faktoranalyse van deze matrix dan ook een structuur met vijf factoren opleveren: één faktor voor elke klasse van de operatie-categorie.

De correlatie-coëfficiënten tussen de dertien variabelen staan in tabel 1. Wouda (1974) voerde statistische toetsen uit op faktor-modellen met respectievelijk 2, 3, 4 en 5 factoren; de resultaten hiervan staan in tabel 2. De meest aannemelijke schatters voor de faktorladingen in een vier- en een vijf-faktor-model staan in de tabellen 3 en 4.

Tabel 1: Correlatie-coëfficiënten tussen dertien tests, afkomstig uit Hoepfner s.a. (1968), zie Wouda (1974); de coëfficiënten zijn berekend bij 197 proefpersonen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-												
2	0,20	-											
3	0,22	0,24	-										
4	0,11	0,30	0,35	-									
5	0,08	0,01	0,06	0,04	-								
6	0,27	0,15	0,20	0,10	0,01	-							
7	0,09	0,12	0,13	0,10	0,14	0,30	-						
8	0,30	0,23	0,16	0,16	0,02	0,14	0,22	-					
9	0,12	0,29	0,15	0,05	0,19	0,22	0,11	0,06	-				
10	0,20	0,28	0,43	0,45	0,00	0,22	0,18	0,28	0,19	-			
11	0,37	0,42	0,28	0,20	0,03	0,23	0,14	0,36	0,11	0,31	-		
12	0,08	0,25	0,34	0,46	0,06	0,22	0,15	0,16	0,14	0,44	0,20	-	
13	0,34	0,30	0,19	0,05	0,04	0,14	0,06	0,34	0,18	0,13	0,45	0,09	-

Tabel 2: Resultaten faktoranalyse Woude (1974)

<u>Aantal factoren</u>	<u>Waarde chi-kwadraat</u>	<u>Aantal vrijheidsgraden</u>	<u>Overschrijdingskans</u>
2	72,2	52	< 0,001
3	50,0	39	< 0,01
4	28,5	26	> 0,30
5	20,0	13	> 0,05

Tabel 3: Meest aannemelijke schatters voor de ladingen in een vier-factor-model (Wouda, 1974)

<u>Test</u>	<u>$\hat{\Lambda}$</u>			
	<u>CMT/MMT</u>	<u>DMT</u>	<u>NMT</u>	<u>EMT</u>
1. Consequences	0,19	0,47	0,18	0,04
2. Daffynitions	0,41	0,34	0,02	0,21
3. Double meanings	0,54	0,13	0,09	0,05
4. Homonyms	0,70	-,07	0,00	-,06
5. Judging object adapctions	0,05	-,02	-,01	0,19
6. New uses	0,16	0,13	0,97	0,08
7. Object synthesis	0,19	0,09	0,26	0,05
8. Plot titles	0,29	0,44	0,04	-,02
9. Punch line comparisons	0,16	0,06	0,11	0,98
10. Remembering puns	0,68	0,08	0,10	0,07
11. Seeing different meanings	0,36	0,63	0,09	0,00
12. Verbal picture translation	0,64	-,06	0,12	0,03
13. Whoppers	0,15	0,63	0,02	0,12

Tabel 4: Meest aannemelijke schatters voor de faktorladingen in een vijf-faktor-model (Wouda, 1974)

<u>Test</u>	$\hat{\Lambda}$				
	<u>CMT</u>	<u>MMT</u>	<u>DMT</u>	<u>NMT</u>	<u>EMT</u>
1. Consequences	0,04	0,15	0,51	0,20	0,03
2. Daffynitions	0,60	0,06	0,27	0,16	0,16
3. Double meanings	0,24	0,47	0,18	0,12	0,06
4. Homonyms	0,45	0,54	-,05	0,05	-,05
5. Judging object adapions	-,06	0,09	0,02	-,02	0,20
6. New uses	-,08	0,17	0,10	0,98	0,03
7. Object synthesis	-,01	0,21	0,12	0,26	0,04
8. Plot titles	0,12	0,23	0,49	0,07	-,02
9. Punch line comparisons	0,14	0,05	0,07	0,19	0,97
10. Remembering puns	0,29	0,62	0,15	0,13	0,09
11. Seeing different meanings	0,38	0,12	0,60	0,19	-,03
12. Verbal picture translation	0,34	0,53	-,03	0,16	0,04
13. Whoppers	0,19	-,01	0,61	0,10	0,09

De conclusie van dit onderzoek is dat een vier-faktor-model een betere passing bij de gegevens oplevert dan een vijf-faktor-model, m.a.w. de theorie van Guilford wordt door deze resultaten niet duidelijk gecorrobooreerd (evenmin echter duidelijk gefalsificeerd).

Als bezwaar tegen de werkwijze van Wouda kan men aanvoeren dat hij geen gebruik heeft gemaakt van alle theoretische veronderstellingen van Guilford, die van toepassing zijn op dit geval. Guilford's theorie voorspelt namelijk dat een groot aantal ladingen dicht in de buurt van de 0 moeten liggen; Wouda heeft echter alle faktor-ladingen berekend en niet van te voren rekening gehouden met de restricties, die de theorie oplegt.

2. Vijf- en vier-faktor-modellen met restricties volgens Guilford

Er werd besloten de correlatie-matrix opnieuw te analyseren, maar nu met een aantal restricties.

Hoepfner e.a. (1968) geven een beschrijving van de dertien tests en vermelden daarbij op welke factoren de tests - theoretisch gezien - moeten laden. In de eerste plaats moet elke test uiteraard laden op de faktor waarvoor hij representatief wordt geacht; daarnaast geven Hoepfner e.a. (1968) aan dat niet elke test 'faktorzuiver' is en zij vermelden dan ook op welke andere faktor de test naar hun mening een lading mag vertonen. Een overzicht van deze theoretische veronderstellingen wordt gegeven in tabel 5.

Tabel 5: Theoretische veronderstellingen over de faktor-ladingen volgens Hoepfner e.a. (1968): '1' betekent dat er een lading mag zijn; '0' dat de lading 0 moet zijn

Test	CMT	MMT	DMT	NMT	EMT *
1. Consequences	0	0	1	0	0
2. Daffynitions	1	0	0	1	0
3. Double meanings	0	1	0	0	0
4. Homonyms	0	1	0	0	0
5. Judging object adapctions	0	0	0	0	1
6. New uses	0	0	0	1	0
7. Object synthesis	0	0	0	1	0
8. Plot titles	0	0	1	0	0
9. Punch line comparisons	0	0	0	0	1
10. Remembering puns	1	1	0	0	0
11. Seeing different meanings	1	0	1	0	0
12. Verbal picture translation	1	0	0	0	0
13. Whoppers	0	0	1	0	0

Dit vijf-faktor-model werd vergeleken met een vier-faktor-model dat ontstaat door de eerste en de tweede faktor "samen te klappen" (zie tabel 6).

Tabel 6: Vier-faktor-model, ontstaan door de eerste en de tweede faktor van tabel 5 "samen te klappen"

Test	CMT/MMT	DMT	NMT	EMT *
1. Consequences	0	1	0	0
2. Daffynitions	1	0	1	0
3. Double meanings	1	0	0	0
4. Homonyms	1	0	0	0
5. Judging object adapctions	0	0	0	1
6. New uses	0	0	1	0
7. Object synthesis	0	0	1	0
8. Plot titles	0	1	0	0
9. Punch line comparisons	0	0	0	1
10. Remembering puns	1	0	0	0
11. Seeing different meanings	1	1	0	0
12. Verbal picture translation	1	0	0	0
13. Whoppers	0	1	0	0

* Er zijn slechts twee ladingen voor één correlatie coëfficiënt, zodat er geen unieke oplossing is voor deze ladingen; voor de toetsing van het model maakt dit echter niet uit.

Zowel voor het vijf-faktor als het vier-faktor-model werd een faktoranalyse uitgevoerd onder de restrictie dat op de plaatsen waar in tabel 5 restrictievelijk 6 een 0 staat, de ladingen op 0 gesteld werden. Er werd getoetst in hoeverre de modellen passen bij de gegevens; de resultaten staan in tabel 7.

Tabel 7: Resultaten van toetsing van twee faktor-modellen met restricties

<u>Model</u>	<u>Waarde chi-kwadraat</u>	<u>Aantal vrijheidsgraden</u>
Vijf factoren, restricties van tabel 5	200,21	62
Vier factoren, restricties van tabel 6	136,31	63

Op grond hiervan kan men concluderen dat

- (1) het vier-faktor-model ook in dit geval een betere passing bij de gegevens oplevert;
- (2) het vier-faktor-model met restricties niet zo'n erg goede passing te zien geeft: zo is bij een significantie-niveau van 5% en 70 vrijheidsgraden een waarde van chi-kwadraat groter of gelijk 90,53 significant; de gevonden waarde van 136,31 is aanzienlijk groter dan deze kritieke waarde.

3. Vijf- en vier-faktor-modellen met restricties

Geen van beide faktor-modellen vertoont dus een goede passing bij de gegevens. Men kan daarbij opmerken dat de restricties wel erg "zwaar zijn": zo zijn in het geval van het vijf-faktor-model van de 65 mogelijke ladingen er maar liefst 49 (!) op 0 gesteld. Er werd daarom besloten het materiaal nog eens te analyseren onder wat minder strenge restricties.

In eerste instantie werd de volgende procedure gevolgd: alle ladingen, die volgens Hoepfner e.a. (1968) moeten bestaan in een vijf-faktor-model (de enen in tabel 2) werden als vrije parameters opgenomen en bovendien alle ladingen groter of gelijk 0,20 uit de vijf-faktor-oplossing van Wouda (1974, zie tabel 4); de overige ladingen werden op 0 gesteld.

De toetsing van dit model leverde een waarde van chi-kwadraat van 85,94 bij 55 vrijheidsgraden. Op 5% niveau is de kritieke waarde van chi-kwadraat bij 60 vrijheidsgraden 79,08, zodat het vijf-faktor-model met deze restricties nog steeds verworpen moet worden.

De restricties werden daarom nog iets verder verlicht: alle ladingen, die volgens Hoepfner e.a. (1968) moeten bestaan in een vijf-faktor model (de enen in tabel 5) werden als vrije parameters opgenomen en bovendien alle ladingen groter of gelijk 0,16 uit de vijf-faktor oplossing van Wouda (1974, zie tabel 4); de overige ladingen werden op 0 gesteld. Een overzicht hiervan wordt gegeven in tabel 8.

Tabel 8: Matrix met vrije parameters, aangegeven met een '1' in een vijf-faktor-model met restricties

<u>Test</u>	<u>CMT</u>	<u>MMT</u>	<u>DMT</u>	<u>NMT</u>	<u>EMT</u>
1. Consequences	0	0	1	1	0
2. Daffynitions	1	0	1	1	1
3. Double meanings	1	1	1	0	0
4. Homonyms	1	1	0	0	0
5. Judging object adapions	0	0	0	0	1
6. New uses	0	1	0	1	0
7. Object synthesis	0	1	0	1	0
8. Plot titles	0	1	1	0	0
9. Punch line comparisons	0	0	0	1	1
10. Remembering puns	1	1	0	0	0
11. Seeing different meanings	1	0	1	1	0
12. Verbal picture translation	1	1	0	1	0
13. Whoppers	1	0	1	0	0

Ter vergelijking werd ook een vier-faktor-model gehanteerd, dat ontstaan is door de eerste en de tweede faktor van het vijf-faktor-model samen te klappen (zie tabel 9):

Tabel 9: Matrix met vrije parameters, aangegeven met '1', in een vier-faktor-model met restricties; de matrix is ontstaan door de eerste en de tweede faktor uit tabel 8 samen te klappen

<u>Test</u>	<u>CMT/MMT</u>	<u>DMT</u>	<u>NMT</u>	<u>EMT</u>
1. Consequences	0	1	1	0
2. Daffynitions	1	1	1	1
3. Double meanings	1	1	0	0
4. Homonyms	1	0	0	0
5. Judging object adapions	0	0	0	1
6. New uses	1	0	1	0
7. Object synthesis	1	0	1	0
8. Plot titles	1	1	0	0
9. Punch line comparisons	0	0	1	1
10. Remembering puns	1	0	0	0
11. Seeing different meanings	1	1	1	0
12. Verbal picture translation	1	0	1	0
13. Whoppers	1	1	0	0

De resultaten van de toetsing van deze beide modellen staan in tabel 10.

Tabel 10: Resultaten van toetsing van twee faktor-modellen met restricties

Model	Waarde chi-kwadraat	Aantal vrijheids- graden	Overschrijdings- kans
Vijf factoren met restricties tabel 8	50,45	48	> 0,691
Vier factoren met restricties tabel 9	56,97	52	> 0,297

Uit deze tabel blijkt dat beide modellen goed passen bij de gegevens. Het vijf-faktor-model voldoet nu zelfs iets beter dan het vier-faktor-model. Men moet daarbij echter wel opmerken dat de procedure gewerkt heeft in het voordeel van het vijf-faktor-model. Immers: als vrije parameters zijn gekozen ladingen groter of gelijk 0,16 uit een vijf-faktor-model.

4. De schattingen van de parameters

Bij gebruik van het faktor-analytische model wordt aangenomen dat de variantie-covariantie-matrix Σ van p variabelen geschreven kan worden als:

$$\Sigma = \Lambda \Lambda' + \psi^2,$$

waarin Σ een symmetrische $p \times p$ matrix, Λ een $p \times r$ matrix en ψ een $p \times p$ diagonaal matrix is. Het is mogelijk de parameters op twee manieren te schatten (zie Jöreskog, 1970, 1971):

(1) kleinste kwadraten methode: geminimaliseerd wordt de funktie

$$F = \text{spoor } [(\Sigma - S)(\Sigma - S)],$$

waarin S de zuivere schatter is van de variantie-covariantie matrix op grond van een steekproef;

(2) de methode van de meest aannemelijke schatters: geminimaliseerd wordt de aannemelijkheidsfunctie onder de aanname dat de waargenomen variabelen afkomstig zijn uit een p-variate normale verdeling.

Een voordeel van de kleinste kwadraten-methode is dat er geen enkele aanname over de verdeling van de waargenomen variabelen gedaan behoeft te worden; de faktor-modellen kunnen echter niet getoetst worden. In geval van de meest aannemelijke schatters wordt een 'zware' aanname gedaan: de waargenomen variabelen moeten afkomstig zijn uit een p-variate normale verdeling; dit levert echter de mogelijkheid de modellen ook te toetsen. De kleinste kwadraten schatters voor beide modellen staan in tabel 11 en 12; de meest aannemelijke schatters in tabel 13 en 14.

Tabel 11: Kleinste kwadratenschatters voor vier-faktor-model met restricties
tabel 9

<u>Test</u>	<u>$\hat{\Lambda}$</u>				<u>$\hat{\psi}$</u>
	<u>CMT/MMT</u>	<u>DMT</u>	<u>NMT</u>	<u>EMT</u>	
1. Consequences	0	0,566	0,363	0	0,740
2. Daffynitions	0,398	0,351	0,070	0,274	0,799
3. Double meanings	0,537	0,179	0	0	0,824
4. Homonyms	0,624	0	0	0	0,781
5. Judging object adapctions	0	0	0	0,190	0,982
6. New uses	0,277	0	0,687	0	0,671
7. Object synthesis	0,239	0	0,311	0	0,920
8. Plot titles	0,299	0,441	0	0	0,847
9. Punch line comparisons	0	0	0,354	0,938	0,000
10. Remembering puns	0,765	0	0	0	0,644
11. Seeing different meanings	0,357	0,594	0,190	0	0,695
12. Verbal picture translation	0,605	0	0,131	0	0,785
13. Whoppers	0,164	0,639	0	0	0,752

Tabel 12: Kleinste kwadraten-schatters voor vijf-faktor-model met restricties
tabel 8

<u>Test</u>	<u>$\hat{\Lambda}$</u>					<u>$\hat{\psi}$</u>
	<u>CMT</u>	<u>MMT</u>	<u>DMT</u>	<u>NMT</u>	<u>EMT</u>	
1. Consequences	0	0	0,511	0,352	0	0,784
2. Daffynitions	0,458	0	0,325	0,216	0,220	0,768
3. Double meanings	0,441	0,313	0,186	0	0	0,820
4. Homonyms	0,587	0,292	0	0	0	0,795
5. Judging object adapctions	0	0	0	0	0,195	0,981
6. New uses	0	0,377	0	0,669	0	0,640
7. Object synthesis	0	0,368	0	0,291	0	0,883
8. Plot titles	0	0,472	0,571	0	0	0,671
9. Punch line comparisons	0	0	0	0,357	0,936	0,000
10. Remembering puns	0,591	0,519	0	0	0	0,617
11. Seeing different meanings	0,389	0	0,580	0,317	0	0,642
12. Verbal picture translation	0,509	0,323	0	0,169	0	0,780
13. Whoppers	0,169	0	0,644	0	0	0,746

Tabel 13: Meest aannemelijke schatters voor vier-faktor-model met restricties tabel 9

Test	$\hat{\Lambda}$					$\hat{\Psi}$
	CMT/MMT	DMT	NMT	EMT		
1. Consequences	0	<u>0,473</u>	0,204	0		0,847
2. Daffynitions	<u>0,337</u>	<u>0,352</u>	0,026	0,202		0,819
3. Double meanings	<u>0,531</u>	0,149	0	0		0,827
4. Homonyms	<u>0,663</u>	0	0	0		0,749
5. Judging object adaption	0	0	0	0,193		0,981
6. New uses	<u>0,187</u>	0	<u>0,971</u>	0		0,000
7. Object synthesis	<u>0,207</u>	0	0,254	0		0,942
8. Plot titles	<u>0,248</u>	<u>0,437</u>	0	0		0,856
9. Punch line comparisons	0	0	<u>0,197</u>	0,980		0,000
10. Remembering puns	<u>0,708</u>	0	0	0		0,707
11. Seeing different meanings	<u>0,299</u>	<u>0,627</u>	0,093	0		0,684
12. Verbal picture translation	<u>0,638</u>	0	0,066	0		0,764
13. Whoppers	0,083	<u>0,648</u>	0	0		0,752

Tabel 14: Meest aannemelijke schatters voor vijf-faktor-model met restricties tabel 8

Test	$\hat{\Lambda}$					$\hat{\Psi}$
	CMT	MMT	DMT	NMT	EMT	
1. Consequences	0	0	<u>0,467</u>	<u>0,218</u>	0	0,848
2. Daffynitions	<u>0,379</u>	0	<u>0,354</u>	0,081	0,199	0,797
3. Double meanings	<u>0,461</u>	<u>0,249</u>	0,140	0	0	0,831
4. Homonyms	<u>0,621</u>	<u>0,270</u>	0	0	0	0,732
5. Judging object adaptions	0	0	0	0	0,194	0,981
6. New uses	0	<u>0,228</u>	0	<u>0,964</u>	0	0,001
7. Object synthesis	0	<u>0,341</u>	0	<u>0,214</u>	0	0,912
8. Plot titles	0	<u>0,439</u>	<u>0,499</u>	0	0	0,723
9. Punch line comparisons	0	0	0	<u>0,207</u>	0,978	0,000
10. Remembering puns	<u>0,542</u>	<u>0,462</u>	0	0	0	0,696
11. Seeing different meanings	<u>0,307</u>	0	<u>0,637</u>	0,145	0	0,664
12. Verbal picture translation	<u>0,539</u>	<u>0,317</u>	0	0,089	0	0,765
13. Whoppers	0,079	0	<u>0,630</u>	0	0	0,770

Bij een vergelijking van de kleinste kwadraten en de meest aannemelijke schatters valt vooral op het verschil tussen de ladingen van de test New Uses op de faktor NMT. De meest aannemelijke schatters zijn zeer hoog (0,971 voor het vier-faktor-model en 0,964 voor het vijf-faktor-model), terwijl de kleinste kwadraten-schatters een 'realistischer' beeld bieden: 0,687 respectievelijk 0,669. Verder valt op dat de test 'Punch line comparisons' in alle vier de gevallen een extreem hoge lading vertoont op de faktor EMT.

5. De standaard afwijkingen van de ladingen

In geval van de meest aannemelijke schatters kunnen ook de standaard afwijkingen van de geschatte ladingen berekend worden. Deze staan in de tabellen 15 en 16.

Tabel 15: Standaard-afwijkingen van de meest aannemelijke schatters voor de ladingen van een vier-faktor-model met restricties tabel 9

Test	$\hat{\Lambda}$			
	CMT/MMT	DMT	NMT	EMT
1. Consequences	0	0,081	0,096	0
2. Daffynitions	0,075	0,076	0,065	0,166
3. Double meanings	0,075	0,077	0	0
4. Homonyms	0,074	0	0	0
5. Judging object adapters	0	0	0	0,163
6. New uses	0,080	0	0,332	0
7. Object synthesis	0,081	0	0,111	0
8. Plot titles	0,079	0,080	0	0
9. Punch line comparisons	0	0	0,097	0,750
10. Remembering puns	0,073	0	0	0
11. Seeing different meanings	0,075	0,077	0,067	0
12. Verbal picture translation	0,074	0	0,067	0
13. Whoppers	0,079	0,082	0	0

Tabel 16: Standaard-afwijkingen van de meest aannemelijke schatters voor de ladingen in een vijf-faktor-model met restricties tabel 8

Test	$\hat{\Lambda}$				
	CMT	MMT	DMT	NMT	EMT
1. Consequences	0	0	0,079	0,097	0
2. Daffynitions	0,085	0	0,077	0,072	0,165
3. Double meanings	0,089	0,110	0,076	0	0
4. Homonyms	0,090	0,119	0	0	0
5. Judging object adapctions	0	0	0	0	0,165
6. New uses	0	0,111	0	0,308	0
7. Object synthesis	0	0,110	0	0,099	0
8. Plot titles	0	0,130	0,083	0	0
9. Punch line comparisons	0	0	0	0,096	0,753
10. Remembering puns	0,098	0,121	0	0	0
11. Seeing different meanings	0,086	0	0,077	0,079	0
12. Verbal picture translation	0,090	0,117	0	0,069	0
13. Whoppers	0,088	0	0,080	0	0

Deze standaardafwijkingen kunnen gebruikt worden om een 'fiducial'-interval te bepalen rondom de geschatte ladingen*). Een probleem hierbij is echter dat - in geval van faktoranalyse van een correlatie-matrix - de absolute waarde van de ladingen niet groter kan zijn dan 1. Lawley en Maxwell (1971, p. 103) merken in dit verband op dat het alleen zinvol is deze intervallen te bepalen als de ladingen niet groter zijn dan 0,60. Als een soort "toets met een significantie-niveau van 5%" voor de nul-hypothese dat een lading 0 is, werd nagegaan of de geschatte ladingen groter zijn dan twee maal de standaard-afwijking. In tabel 13 en 14 zijn deze 'significante' ladingen onderstreept.

6. De residuen

De residuen-matrix is gedefinieerd als

$$R = S - (\hat{\Lambda}\hat{\Lambda}' + \hat{\psi}^2)$$

Deze matrices staan voor de vier- en vijf-faktor-modellen met meest aannemelijke schatters in de tabellen 17 en 18. Residuen in absolute waarde groter of gelijk 0,10 zijn onderstreept. In het vier-faktor-model vertoont de test Punch comparisons (nummer 9) de meeste ladingen groter dan 0,10; in het vijf-faktor-model de tests Punch line comparisons en Remembering puns (test nummer 10).

*) We spreken hier met opzet van een 'fiducial'-interval en niet van een betrouwbaarheids-('confidence'-) interval (zie Kendall en Stuart, 1961, Vol. 2, p. 134 e.v.); de reden is dat we ons 'vertrouwen' uit willen drukken in hoeverre de waarde van de parameter (de lading) verschilt van de waarde 0.

bel 17: Residuen-matrix vier faktor-model met meest aannemelijke schatters en restricties tabel 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,018												
0,028	0,051											
0,150	0,009	0,011										
0,110	0,077	-0,002	0,000									
0,080	-0,029	0,060	0,040	0,000								
0,072	0,061	0,100	-0,024	0,010	0,021							
0,038	0,044	0,020	-0,037	0,140	0,014	0,006						
0,094	-0,007	-0,037	-0,005	-0,020	0,093	0,169	0,015					
0,080	0,087	0,150	0,050	0,001	0,028	0,060	0,060	0,000				
0,200	0,042	0,054	-0,019	0,000	0,087	0,033	0,104	0,190	0,000			
0,055	0,096	0,028	0,002	-0,030	0,083	0,054	0,012	0,092	0,098	0,041		
0,067	0,033	0,001	0,037	0,060	0,037	0,001	0,002	0,127	-0,012	0,003	0,005	
0,034	0,044	0,049	-0,005	0,040	0,124	0,043	0,036	0,180	0,071	0,019	0,037	0,006

bel 18: Residuen-matrix vijf-faktor-model met meest aannemelijke schatters en restricties tabel 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,015												
0,017	0,048											
0,154	0,015	0,015										
0,110	0,064	-0,003	0,005									
0,080	-0,029	0,060	0,040	0,000								
0,060	0,071	0,143	0,038	0,010	0,019							
0,043	0,103	0,045	0,008	0,140	0,016	0,006						
0,067	0,053	-0,019	0,042	-0,020	0,040	0,070	0,036					
0,075	0,079	0,150	0,050	0,000	0,020	0,066	0,060	0,000				
0,200	0,075	0,065	-0,011	0,000	0,115	0,022	0,077	0,190	0,008			
0,041	0,066	0,049	0,009	-0,030	0,090	0,109	0,042	0,080	0,144	0,039		
0,061	0,038	0,013	0,040	0,060	0,061	0,023	0,021	0,121	0,002	0,022	0,016	
0,046	0,047	0,065	0,001	0,040	0,140	0,060	0,026	0,180	0,087	0,025	0,047	0,004

7. Conclusies

We formuleren de volgende - tentatieve - conclusies:

- (1) In eerste instantie zag het er naar uit dat een vier-faktor-model een betere passing aan de gegevens zou vertonen dan een vijf-faktor-model. Het is echter mogelijk gebleken een goede passing van een vijf-faktor-model tot stand te brengen. Op grond van deze resultaten is het niet goed mogelijk een keuze te doen uit beide modellen.
- (2) De EMT-faktor komt niet erg goed uit de verf. De tests, die verondersteld worden vooral op deze faktor te laden (Judging object adaptions en Punch line comparisons), hebben geen significante ladingen op EMT. Punch line comparisons vertoont - in geval van de meest aannemelijke schatters - extreem hoge ladingen op deze faktor (zie ook paragraaf 4). Deze ladingen hebben echter ook extreem grote standaardafwijkingen. Het is mogelijk dat we hier te maken hebben met een of ander 'randgeval', dat moeilijkheden oplevert bij de toepassing van de numerieke procedures.
- (3) Voor het geval van het vijf-faktor-model geldt: Tien tests hebben significante ladingen op twee factoren, deze tests zijn dus geen van alle 'faktor-zuiver'. Punch line comparisons heeft een kleine, significante lading op NMT en een extreem grote - maar niet significante - lading op EMT. New uses heeft op geen enkele faktor een significante lading; alleen de test Whoppers kan bestempeld worden als een 'faktor-zuivere' test.
- (4) Het ziet er naar uit dat faktoranalyse met restricties een nuttige en bruikbare techniek is. Bij een beschouwing van de Tabellen 13 en 14 blijkt dat er nog vrij veel niet-significante ladingen voorkomen. Dit doet de vraag naar voren komen of er niet een betere methoden is om de restricties te verlichten dan is beschreven in paragraaf 3.

Literatuur

- Guilford, J.P. - The nature of human intelligence. New York: Mc Graw-Hill, 1967.
- Hoepfner, R., J.P.Guilford and P.A.Bradley - Identification of transformation abilities in the Structure-of-Intellect Model, Reports from the Psychological Laboratory, Number 41, The University of Southern California, 1968.
- Jöreskog, K.G. - A general method for analysis of covariance structures. Biometrika, 1970, 57, 2, 239-251.
- Jöreskog, K.G. - Statistical analysis of sets of congeneric tests. Psychometrika, 1971, 36, 2, 109-133.
- Jöreskog, K.G., G.T.Gruvaeus, and M. van Thillo, ACOVS - A general computer program for analysis of covariance structures. Research Bulletin 70-15, Princeton, New York: Educational Testing Service, 1970.
- Kendall, M.G. and A.Stuart - The advances theory of statistics, Volume 2: Inference and relationship, London: Charles Griffin, 1961.
- Lawley, D.N. and A.E.Maxwell - Factor analysis as a statistical method (second edition), London: Butterworths, 1971.
- Wouda, J. - Toetsing van het Structure-of Intellect model door maximum likelihood faktoranaliese, Onderzoeks-memorandum AMS-5, Subfaculteit Psychologie R.U. Utrecht, 1974.
-