

## DE COMPUTER IN DE PSYCHOLOGIE

L.DELBEKE, Geassocieerd docent Psychologie, K.U.L.

In het overzicht dat wij hier geven over het gebruik van de computer in de psychologie beperken wij ons tot deze domeinen waarin de auteur zelf of andere onderzoekers van de Fakulteit der Psychologie en Pedagogische Wetenschappen van de K.U.L. actief zijn. Voor bepaalde onderzoeken refereren wij naar wat reeds verwezenlijkt werd, voor andere gaat het om projecten die in uitvoering zijn, terwijl nog andere in het stadium van projektvorming verkeren, al gaat het dan in dit laatste geval om projektvormingen die direkt aansluiten bij aan gang zijnde onderzoeken. Voor een breder overzicht van het gebruik van de computer in de psychologie verwijzen we naar de desbetreffende literatuur (bv. Borko, 1962; Green, 1963; Proceedings of the 1964 IBM-Symposium, 1966).

De manieren waarop de computer wordt gebruikt zijn tweërlei, nl. off-line en on-line. Voor de hierna behandelde gebruikswijzen valt dit onderscheid praktisch samen met het gebruik van een (grotere) computer voor data-analyse en het inschakelen van een (kleinere) computer in de uitvoering van een experiment of bij het geprogrammeerd leren met behulp van een computer (computer assisted instruction). Er zijn natuurlijk vele tussenkombinaties mogelijk : on-line experimenten met grote computers, gebruik van systemen waarin kleinere computers aangesloten worden op een grotere computer, enzovoort. Deze kombinaties zullen echter minder aan bod komen in de hierna behandelde voorbeelden.

Een eerste belangrijk aspekt van het gebruik van de computer in de psychologie, als is het niet specifiek voor deze wetenschappelijke discipline, is uiteraard dit van de statistische analyse. Wel specifiek voor de psychologie is bv. het gebruik van de computer bij het uitvoeren van itemanalyses bij het konstrueren van tests.

In de kontekst van de statistische analyse kan in het bijzonder verwezen worden naar de faktoranalyse, een van de vormen van multivariate analyse die ook buiten de psychologie zijn toepassing heeft gevonden. Ze laat ons toe aan de hand van de correlaties die er bestaan tussen een aantal observeerbare variabelen (bv. uitslagen op psychologische tests; een leestest, een woordenschattest, een hoofdrekentest, een test voor het oplossen van wiskundige vraagstukken, enz.) deze zelfde variabelen te beschrijven aan de hand van hun verband met een aantal meer fundamentele, latente variabelen (bv. een verbale en numerieke begaafdheidsvariabele).

Wanneer men het faktoranalytisch probleem wiskundig formuleert komt het er bij het gebruik van de hoofdassenmethode op neer de eigenwaarden en eigenvectoren te bepalen van een  $n$  op  $n$  matrix, waarbij  $n$  gelijk is aan het aantal variabelen waartussen de correlatiecoëfficiënten werden berekend. Bij de toepassing van het principe der grootste aannemelijkheid moet daarentegen de matrixinversè worden bepaald. In beide gevallen wordt naargelang  $n$  groter wordt een computer meer noodzakelijk om tot een oplossing te kunnen komen.

De heer Peeters van het Rekencentrum van de K.U.L. heeft een uitvoerig programma geschreven met talrijke keuzemogelijkheden : toepassing van de hoofdassenmethode, hoofdcomponentenmethode of de methode der grootste aannemelijkheid, verschillende keuzemogelijkheden voor het berekenen van de communaliteiten en voor het roteren van de dimensies in de faktorroimte, en mogelijkheid voor het berekenen van faktorscores (Peeters, 1968).

Uitgaande van het faktoranalytisch model ontwierp Delbeke een vectorieel model voor de analyse van de preferentieoordelen die subjekten uitspreken t.o.v. een aantal stimuli (Delbeke, 1968). Het model geeft een representatie van subjekten en stimuli als vectoren in een multidimensionele ruimte zodat de scalaire produkten van een subjekt vector met de stimulusvectoren gelijk zijn aan de aantallen voorkeurstemmen die het subjekt aan de respektieve stimuli heeft toegekend. Het model beoogt ondermeer de voorkeurscriteria te achterhalen die de voorkeuruitspraken van de subjekten hebben gedetermineerd. Voor de toepassing van dit model werd eveneens met behulp van het Rekencentrum van de K.U.L. een programma opgemaakt.

Verder werden in het Rekencentrum van de K.U.L. verschillende programma's uitgewerkt voor de toepassing van diverse schaalmethoden die in de psychologie frekwent worden gebruikt. Met schaalmethoden bedoelen we zeer in het algemeen al de technieken en algoritmen die ons toelaten op basis van soms zeer elementaire beoordelingen die de subjekten geven met betrekking tot stimuli een meting te bekomen van bepaalde psychologische attributen van stimuli en subjekten. Met de multidimensionele schaalmethodes tracht men aan de hand van beoordelingen die subjekten geven met betrekking tot een complex attribuut (bv. een kleur A lijkt meer op kleur B dan dat het lijkt op kleur C) een meting te bekomen der stimuli op verschillende dimensies tegelijkertijd (bv. een meting van de stimuli A, B, C op de dimensies helderheid, tint en verzadiging).

We kunnen hier meer in het bijzonder verwijzen naar de niet-metrische multidimensionele schaalmethode die ontworpen werd door Kruskal (Kruskal, 1964 a, b). Deze methode kan toegepast worden op een zogenaamde proximateits- of afstandsmatrix. Dit zijn matrices die indices bevatten die respektievelijk de geobserveerde gelijkenis (bv. correlatiecoëfficiënten) of het verschil (bv. estimaties van psychologische afstanden) tussen de kolom- en rij-elementen van de matrix weergeven. De methode bestaat erin dat men een geometrische representatie van de rij- en kolomelementen als punten in een multidimensionele ruimte met zo gering mogelijke dimensionaliteit tracht te vinden en deze representatie moet aan de voorwaarde

voldoen dat de geometrische afstanden een invers monotoon of monotoon verband (naargelang het gaat om een matrix met proximateiten of met afstandsmaten) vertonen met de oorspronkelijke indices in de matrix. Er is een programma voorradig dat kan toegepast worden op symmetrische matrices en er wordt gewerkt aan de aanpassing van het Mini-RSA programma van Roskam voor de toepassing op niet-symmetrische matrices (Roskam, 1969). Het algoritme dat in deze programma's wordt aangewend bestaat hoofdzakelijk in het bepalen van het minimum van een stress-functie. De stress is een functie van de  $n \times t$  coördinaten der  $n$  elementen in  $t$  dimensies. Het minimum wordt bepaald aan de hand van een iteratieve techniek, nl. de gradiënmethode. Ook hier is de computer noodzakelijk wil men deze techniek op grotere schaal bruikbaar maken.

Bij het gebruik van de Kruskal-methodes kan onmiddellijk verwezen worden naar het breder domein waarin zich de schaalmethodes situeren, nl. dit van de mathematische psychologie, waar men de meting ziet als het aantonen van de iso- of homomorfie die er bestaat tussen een empirisch systeem (gereflekteerd in de geobserveerde data) en een formeel systeem (bv. een getallensysteem) en waar de meting dan in feite geldt als een toegift van de theorie (cf. Bezembinder, 1970). Zo wordt bv. het begrip additiviteit dikwijls gebruikt in de psychologische theorievorming. Ter illustratie : de probabiliteit dat men een prijs kan winnen en de utiliteit van een prijs bepalen op een additieve wijze de utiliteit van een loterijbiljet. Formeel uitgedrukt :

$$f(\text{prijs, prob}) = u(\text{prijs}) + s(\text{prob}).$$

Het conjunct additief meetmodel laat nu toe vooreerst uit te testen of de data (bv. hetgeen de subjecten bereid zijn te betalen voor een loterijbiljet) in overeenstemming zijn met de additiviteitshypothese, maar daarenboven levert het een meting op van de subjectieve probabiliteiten, de utiliteiten der prijzen, en de utiliteiten der loterijbiljetten. De meting wordt bekomen door het stellen van volgende restricties :

$$\begin{aligned} f(a,p) &= u(a) + s(p) \\ f(a,p) \geq f(b,q) &\iff D(a,p) \geq D(b,q) \end{aligned}$$

waarin  $D(a,p)$  en  $D(b,q)$  de data-elementen zijn die bekomen werden voor de verschillende loterijbiljetten.

Indien de additiviteitshypothese niet ten volle bevestigd wordt door de gegevens geeft het conjunct additief meetmodel aan in welke mate er in de data inbreuken tegen de hypothese aanwezig zijn en zoekt bovendien naar de beste additieve oplossing die past bij de gegevens.

De auteur van dit artikel heeft een programma opgesteld voor toepassing van het conjunct additief meetmodel. Er zijn verschillende keuzemogelijkheden in verwerkt om een optimaal monotoon verband tussen  $f$  en  $D$  te verwezenlijken. Analoge programma's kunnen opgemaakt worden voor andere theoretische modellen (bv. multiplikatief, distributief, enz. (Cf. Roskam, 1968).

Tot nu toe werd uitsluitend gehandeld over het gebruik van de computer voor het verwerken van gege-

vens. Een andere gebruikswijze bestaat erin de computer in te schakelen in de experimentatie zelf; het on-line gebruik van de computer.

Er zijn verschillende manieren om de computer in te schakelen in een experiment. Men kan hem zien als een instrument dat de experimentator gedeeltelijk vervangt bij a) het genereren en representeren van stimuli en/of b) het registreren van de responsies (1). Men kan de computer ook zien als een instrument dat de proefpersoon of het proefdier vervangt (computersimulatie). Dit laatste aspect laten we buiten beschouwing.

In de Leuvense Faculteit der Psychologie en Pedagogische Wetenschappen wordt gewerkt aan enkele concrete projecten die betrekking hebben op de eerste twee aspecten. In de perceptiepsychologie wordt men dikwijls gekonfronteerd met het probleem van het zo nauwkeurig mogelijk genereren van de stimuli. Zo moeten in een experiment in de psychoakoestiek de auditieve stimuli zeer exact volgens bepaalde fysische parameters gecontroleerd worden. Deze taak kan gemakkelijk door een kleine computer van de experimentator overgenomen worden. Iets gelijkaardigs geldt in de psycholinguïstiek waar men zinnen wenst te konstrueren die niet alleen aan bepaalde grammatikale vereisten moeten voldoen, maar waar de woordvolgorde eveneens aan andere (bv. probabilistische) criteria moet voldoen. Bij de visuele perceptie kan men door het presenteren van een figuur op de oscilloscoop of op de kathodestraalbuis eveneens systematisch bepaalde parameters van de figuur laten variëren en aldus tijdens het experiment gemakkelijk onder controle houden. Dit is vooral van belang bij de konstruktie van kinetische prikkelpatronen die ons moeten toelaten aan meer systematisch onderzoek te doen in verband met de zogenaamde "event perception", het percipiëren van gebeurtenissen.

In de scalingsexperimenten kan de computer ingeschakeld worden voor het registreren der responsies. Bij experimenten over informatieverwerking kan de computer de twee functies, aanbieden van stimuli én registreren der responsies, tegelijkertijd vervullen. Het is bij dergelijke experimenten daarenboven dikwijls zo dat de aanbiedingsvolgorde der stimuli afhankelijk wordt gemaakt van de gegeven responsies. Door de computer de responsies te laten registreren kan men zeer ingewikkelde criteria inbouwen in een experiment om de computer na iedere gegeven respons te laten beslissen welke stimulus als volgende stimulus moet worden gegeven aan het subjekt. Hetzelfde geldt eveneens voor experimenten uitgevoerd ter toetsing van bepaalde mathematische leermodellen.

In het Laboratorium voor Experimentele Psychologie van Prof. Dr. J. Nuttin zal binnen kort naast een reeds in eigen laboratorium ontworpen en ontwikkeld apparaat voor het presenteren van stimuli en registreren van antwoorden ook nog een kleine computer bij het onderzoek over het leerproces in groepen worden gebruikt. Dit onderzoek wil nagaan welke de invloed is van bepaalde sociale aspecten van slagen en mislukken op het leerproces. Bv. : wat gebeurt er als één bepaalde proefpersoon in de groep een mislukking oploopt terwijl al de anderen slagen, vergeleken met de situatie waar bijna iedereen mislukt. De proefopstelling vergt een zeer uitgebreide en gekompliceerde apparatuur om toe te laten foutieve en korrekte

antwoorden van alle individuen in een groep te registreren en te verwerken in functie van bepaalde variabelen, zoals beloningen en straffen, die voor elk lid van de groep worden toegevend. Om de juiste experimentele condities te scheppen worden de mislukkingen volgens een vooraf geprogrammeerd schema aan alle individuele proefpersonen gesignaleerd. Bovendien het registreren van de individuele antwoorden biedt de ontworpen apparatuur nog een groot aantal mogelijkheden zoals het registreren van reactietijden, onmiddellijke registratie van het aantal subjecten die een bepaald antwoord of een bepaalde categorie van antwoorden hebben gegeven, de keuze elk subject al dan niet het resultaat (verkeerd - juist) van zijn antwoord te laten zien, uitpensen van resultaten voor verdere analyse, enz.

Dezelfde functies als die we hiervoor hebben geschetst worden door de computer vervuld in diverse ergonomische experimenten. Meer bepaald in experimenten die het gedrag van de autobestuurder bestuderen. Daar kan men bv. met behulp van een computer bepaalde aspecten van de situatie waarin een bestuurder zich bevindt simuleren en deze situaties laten wijzigen naargelang de reacties die worden gegeven. Men kan ook gebruik maken van de computer voor het registreren van fysiologische gegevens (elektroencefalogram, cardiogram, enz) en voor het uitvoeren van elementaire berekeningen op deze gegevens. Een soortgelijke aanwending van de computer vindt men in de psychofysiologie en de dierpsychologie.

Al gaat het niet rechtstreeks om het gebruik van een computer, toch kan hier terloops worden vermeld dat in het Laboratorium voor Ergonomie o.l.v. Prof. Verhaegen onderzoekingen worden uitgevoerd met betrekking tot de mentale belasting bij personeel dat instaat voor het ponsen van gegevens.

Een ander psycho-pedagogisch onderzoeksterrein waarin zich het gebruik van de computer opdringt is dit van de geprogrammeerde instructie. Om een zo efficiënt mogelijk geprogrammeerde leertekst op te stellen moet men zich baseren op een zeer gedetailleerde analyse van de leerstof en zeer nauwkeurig nagaan hoe verschillende subjecten op verschillende wijzen reageren op de verschillende onderdelen van de leerstof. Vandaar dat heel wat experimentele studie de konstruktie van het leerprogramma dient vooraf te gaan en daarbij kan men zoals hiervoor reeds gezegd op verschillende manieren de computer inschakelen. Ook in de konkrete leersituatie zelf kan men de computer inschakelen om de leerstof zo aan te bieden dat elk subject, volgens zijn eigen capaciteit, zoals die tot uiting komt in zijn antwoorden op de vragen die de computer hem stelt, de leerstof zo vlug mogelijk en zo goed mogelijk verwerkt.

- BEZEMBINDER, T.G., *Van rangorde naar continuum*. Van Loghum Slaterus, 1970.
- BORKO, H. (Ed.) *Computer applications in the social sciences*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1962.
- DELBEKE, L., *Construction of preferences spaces. An Investigation into the applicability of multidimensional scaling models*. Studia Psychologica. Leuvense Universitaire Uitgaven, 1968.
- GREEN, B.F.Jr., *Digital computers in research*. N.Y., McGraw Hill, 1963.
- KRUSKAL, J.B., *Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis*. Psychometrika, 1964a (29), 1-27.
- KRUSKAL, J.B., *Nonmetric multidimensional scaling : a numerical method*. Psychometrika, 1964b (29), 115-129.
- PEETERS, G., *Factor analysis. A computer program*. Leuven, Rapport van het Rekencentrum van de K.U.L., 1968.
- Proceedings of the 1964 IBM-Symposium, *Utilization of computers in psychological research*. Paris, Gauthier-Villars, 1966.
- ROSKAM, E.E., *Metric analysis of ordinal data in psychology*. Voorschoten, 1968.
- ROSKAM, E.E., *Data theory and algorithms for nonmetric scaling*. Rapport van het Psychologisch Laboratorium, Katholieke Universiteit, Nijmegen, 1969 (c).

(1) Niet alle voorbeelden die we hier aanhalen hoeven in de strikte zin on-line te gebeuren. Bv. het genereren van visuele prikkelpatronen op de oscilloscoop kan ook off-line gebeuren, waarbij men dan de prikkelkonstellaties op film vastlegt en achteraf de gefilmde prikkelpatronen in het experiment gebruikt.

*SUMMARY*

Reference is made to realisations and projects within the Faculty of Psychology and Educational Sciences of the Katholieke Universiteit te Leuven. Some of these realisations and projects consist in the use and writing of computer programs which are specific for data analysis in psychology. Others are related to the use of the computer for on-line experiments and for computer assisted instruction. Reference is made in particular to programs for factoranalysis, multidimensional scaling and conjoint measurement; and to experiments in the field of perception, psycholinguistics, learning and ergonomics.