

KLEIN IS MOOI EN GROOT IS GOED

Een kritische beschouwing van het gebruik van een personal computer voor statistische toepassingen

Leo Th. van der Weele *

Samenvatting

De 'personal computer' krijgt een steeds groter aandeel in het computergebruik, ook voor statistische toepassingen. Bij de vraag in hoeverre de personal een 'grote' computer kan vervangen, moet worden gekeken naar de beschikbare programmatuur en naar de inspanning die het bezit van een eigen computer met zich meebrengt. De lage aanschafkosten van een personal leiden er toe dat deze twee factoren (te) weinig in beschouwing worden genomen. Uit een inventarisatie en analyse van deze factoren, wordt de conclusie getrokken dat de eerste factor wordt overschat en de tweede factor wordt onderschat. Als alternatief voor de micro als 'stand-alone' systeem, wordt het model van de micro als 'intelligente terminal' in een netwerk rondom een 'grote' computer voorgesteld.

* Rekencentrum Rijksuniversiteit Groningen

Landleven 1 9747 AD GRONINGEN, Tel. 050-116704

1. Inleiding

Wanneer wordt gesproken over het uitvoeren van statistische berekeningen met de computer, werd tot voor kort onder computer verstaan een computer uit de klasse die men wel mainframes noemt. Dit is nu duidelijk aan het veranderen. Steeds meer wordt gesproken over het aanschaffen van een micro- of personal computer als alternatief voor het werken met een mainframe. In dit artikel zal worden nagegaan, hoe redelijk dit alternatief is. Na een bespreking van de hoedanigheden van de personal computer in het algemeen en de kenmerken van statistische toepassingen met de computer, zal een analyse worden gemaakt van de inschakeling van de personal computer bij statistische analyses. Het gebied van de statistische toepassingen, vormt een voorbeeld van een - op dit moment - minder gunstig terrein voor de personal computer en wordt daarmee gebruikt als waarschuwing tegen het - zonder meer - generaliseren van aanvaarde voordelen van personal computers tot alle mogelijke toepassingsgebieden.

2. De personal computer

De personal computer is in opmars. Zelfs zodanig dat het "Informatica Stimuleringsplan" (1984) voorstelt een 'diabolomodel' te hantieren voor de rekenfaciliteiten: een klein aantal supercomputers verspreid over Nederland en lokaal een groot aantal micro- en personal computers met allerlei koppelingsmogelijkheden. Zo ver is het nog niet; de personal computer wordt op dit moment als het persoonlijke rekentuig van een enkele gebruiker beschouwd. Dit 'stand-alone' karakter wordt gezien als het grote voordeel van de personal boven het werken met een mainframe via een terminal of een remote batch station; zie bijvoorbeeld De Boer en Boon (1983). De gebruiker heeft niets te maken met andere gebruikers. Zijn computer is beschikbaar als hij hem nodig heeft. Hij bepaalt zelf welke programma's op zijn computer worden geïmplementeerd, hoe gebruikersvriendelijk deze programma's zijn en welke 'toeters en bellen' worden toegevoegd. Mooie, vriendelijke, in- en uitvoer wordt als een tweede voordeel van de personal signaleerd. Dit moet worden toegeschreven aan twee dingen. Ten eerste hebben de ontwikkelaars van de personal computers en de daarop geïnstalleerde programmatuur geleerd van de ervaringen in de laatste 25 jaar opgedaan met mainframes.

En ten tweede wordt een stand-alone microcomputer voor meer beperkte toepassingen gebruikt, terwijl de grotere computers toepasbaar moeten zijn voor allerlei, uiteenlopende, soorten problemen, waardoor de aandacht meer kan worden geconcentreerd op vriendelijkheid. Als derde voordeel van de personal wordt de gunstige prijs/prestatie verhouding genoemd. Dit komt doordat grote systemen teveel 'power', in de zin van 'systeem-overhead' en rekensnelheid, hebben voor de problemen, waarvoor - in het algemeen - de personal computer wordt gebruikt. We zullen in dit artikel laten zien dat de validiteit van de gunstige prijs/prestatie-verhouding aan twijfel onderhevig is en dat het stand-alone karakter ook zijn keerzijde heeft.

3. Statistische toepassingen

3.1 Kenmerken van statistische toepassingen

Kenmerkend voor statistische toepassingen zijn
(Van der Weele (1983a))

- De soort programmatuur

Het betreft vrijwel altijd kant-en-klare programma's, voor het gebruik waarvan slechts stuuroopdrachten en data hoeven te worden gegeven. Problemen waarvoor de gebruiker hulp nodig heeft zijn meestal van methodologische aard en niet programma-technisch. De programma's zijn omvangrijk, complex en blijken nogal wat fouten te bevatten.

- De leverancier

Vaak zijn leveranciers van statistische programma's oorspronkelijk wetenschappers die voor eigen gebruik een programma voor een bepaalde methode hebben ontwikkeld. Naar aanleiding van belangstelling van anderen wordt het programma vervolgens op de markt gebracht, soms door de ontwikkelaar zelf, in andere gevallen door overdracht aan een verkooporganisatie.

- De gebruiker

De gebruiker is in de regel niet geïnteresseerd in programmeren in een hogere programmeertaal en kan dit ook zelden. De computer en het programma zijn voor hem hulpmiddelen. Het doel is de uitkomst van de berekeningen. Gebruiksvriendelijkheid en goede documentatie bepalen in hoofdzaak de keus van het programma.

3.2 Het uitvoeren van statistische analyses

Het proces van het uitvoeren van statistische analyses omvat meer dan het maken van statistische berekeningen. De volgende typen werkzaamheden zijn te onderscheiden.

- Tekstverwerking; ten behoeve van zaken als het opstellen van het onderzoeksplan, het ontwerpen van een enquêteformulier, het maken van een onderzoekverslag. Voor tekstverwerking is de personal zonder twijfel bijzonder geschikt; een aantrekkelijk punt is dat resultaten van berekeningen gemakkelijk in het onderzoekverslag zijn op te nemen.
- Retrieval; onder meer kunnen literatuurgegevens in een database worden opgenomen en worden geraadpleegd. De personals hebben hiervoor uitstekende programmatuur.
- Data-entry; de onderzoeksgegevens kunnen met behulp van de personal worden ingevoerd. Voor data-entry moet een personal zeer geschikt worden geacht.
- Statistische berekeningen; vooral in een onderzoekomgeving bestaat dit onderdeel uit een groot aantal kleine analyses.

Terwijl voor tekstverwerking, retrieval en data-entry het niet ter discussie staat dat de personal zeer goede mogelijkheden biedt, moet ten aanzien van het maken van statistische berekeningen een wat genuanceerder standpunt worden ingenomen.

Hierbij spelen twee vragen een rol: (i) welke faciliteiten biedt de - huidige - personal om statistische analyses uit te voeren en (ii) heeft voor dit soort werk de personal wel zo'n gunstige prijs/prestatie verhouding.

4. Faciliteiten voor statistisch rekenwerk

4.1 Inleiding

In het algemeen kan gesteld worden dat de personal computer wel geschikt is voor het kleinere rekenwerk. Voor grotere rekenpartijen en meer ingewikkelde analyse-methoden zijn er op dit moment enige problemen, te onderscheiden in:

- er is (nog) te weinig goede programmatuur
- de rekennauwkeurigheid is twijfelachtig
- de rekensnelheid is te laag.

4.2 De programmatuur

Op de grote computer-systemen is een keur van statistische programma's beschikbaar:

- algemene statistische pakketten, zoals SPSS (SCSS), BMDP, SAS, P-STAT, GENSTAT, WESP (TTWESP).
- special purpose pakketten, zoals CLUSTAN, MULTIVARIANCE, LISREL, TSP, GLIM, MDS(X), GRADAP
- programmatheken, zoals LISTOR, KUNST, TC-LIB, FSW-LIB
- subroutines-bibliotheken, zoals NAG en IMSL.

Het is geen sinecure deze programma's over te zetten op een personal computer, omdat

- de programma's meestal zeer omvangrijk zijn
- vertalers niet altijd het niveau hebben dat ze op de mainframes hebben
- de kleinere woordlengte maatregelen vereist om de benodigde reken nauwkeurigheid te halen
- het geheugenbeslag meestal zeer groot is
- de programma's in veel gevallen batch-georiënteerd zijn.

Het laatste punt is strijdig met de vriendelijke interactie met het systeem, dat nu juist als een pluspunt van de personal computer wordt gezien. Het is dan ook interessant te zijner tijd te horen hoe het gebruik van SPSS/PRO - de micro-versie van SPSS die beschikbaar is, of binnenkort komt, op de DEC Professional en de IBM PC - zal bevallen. Het overzetten van de hele verzameling statistische pakketten die men gewend is te gebruiken op de mainframes, zal niet alleen een gigantisch karwei zijn, maar - door het batch karakter van de programma's - vaak een andere opzet gewenst maken. Murphy (1982) acht deze tijd van de opkomst van de personal computer dan ook het moment voor herbezinning op het ontwerp van pakketten en gereedschappen voor ontwikkeling van programmatuur.

Musegaas (1983) geeft een inventarisatie van 77 statistische programma's die beschikbaar zijn op personal computers op basis van literatuurgegevens, programma-documentatie en informatie van leveranciers. Van weinig programma's zijn gebruikservaringen bekend.

Hoofdzakelijk aan dit rapport ontlelen we de volgende gegevens.

- Type computer/'operating system'

Op alle denkbare micro-systemen, zoals APPLE, IBM PC, DEC Professional, Z80, zijn statistische programma's beschikbaar, werkend onder diverse operating systemen, zoals CP/M, MS-DOS; het benodigde werkgeheugen varieert tussen 16K en 800K. Een interessant geval is BMDP/Statcat, waarbij de micro en de programmatuur een onverbreekelijk geheel vormen.

- Programmeertaal

De programma's zijn overwegend in BASIC geschreven; verder komt men een enkele keer FORTRAN, PASCAL en diverse assembler-talen tegen.

- Gebruikersvriendelijkheid

Lang niet alle programma's voldoen aan de huidige opvattingen ten aanzien van gebruikersvriendelijkheid gemeten naar het niveau van de commando-taal, de mogelijkheden van menu-selectie en het beschikbaar zijn van HELP-faciliteiten.

- De prijs

De prijzen variëren van \$ 15 tot \$ 2000; Bij de duurdere producten - meer dan \$ 500 - lijkt er nauwelijks een correlatie tussen de prijs en de mogelijkheden van het product te bestaan.

- Garantie/onderhoud

Op basis van de inventarisatie, is er weinig van de leveranciers te verwachten wat betreft het geven van garanties en het verzorgen van onderhoud aan programmatuur; de geest is meestal: de gebruiker krijgt een schijfje met de programmatuur en redt zich er verder maar mee.

- Documentatie

Een gebruikershandleiding is vrijwel altijd beschikbaar, maar varieert tussen enkele bladzijden en 200 bladzijden. Er worden weinig beschrijvingen van gebruikte algoritmen gegeven en eveneens weinig uitvoer-voorbeelden. Over het algemeen moet de documentatie mager worden genoemd.

- De data

De maximale aantallen individuen en variabelen variëren tussen een tiental en enige honderden. Opties voor variabele-namen en missing data zijn meestal beschikbaar. Editing-faciliteiten voor het corrigeren van data zijn vaak beschikbaar.

Net als bij de programmatuur op grotere computer-systemen, zijn bij de meer algemene statistische pakketten goede faciliteiten voor hercodering en eenvoudige en conditionele transformaties aanwezig en zijn deze faciliteiten bij de special purpose pakketten hoogstens marginaal gerealiseerd.

- Grafische mogelijkheden

Zoals gebruikelijk bij personal computers, vormen de grafische mogelijkheden, zoals voor scatterdiagrammen en histogrammen, ook bij deze statistische pakketten een sterk punt.

- Beschrijvende statistiek

Over het algemeen worden goede mogelijkheden voor beschrijven de statistiek, verdelingen, kruistabellen, op momenten gebaseerde parameters, enz., geboden. Grootheden als de modus, de mediaan en percentielen komt men aanzienlijk minder vaak tegen.

- Toetsen

Mogelijkheden voor Student-toetsen zijn ruim aanwezig; daarentegen is de niet-parametrische statistiek betrekkelijk mager vertegenwoordigd.

- Multivariate methoden

Correlatie en regressie-analyse zijn goed vertegenwoordigd, afgezien van de berekening van partiële correlatiecoëfficiënten. De eenvoudige vormen van variantie-analyse komt men vaak tegen, zij het met meestal een nogal beperkt aantal systematische factoren. Meer ingewikkelde designs, zoals geneste designs, ongelijke aantallen metingen per cel, herhaalde metingen, zijn zelden mogelijk.

Tijdreeksen-analyse, discriminant-analyse, factor-analyse en cluster-analyse, vindt men zelden in de pakketten voor personal computers.

Voor meer details over de onderzochte programma's wordt verwezen naar Musegaas (1983). Nader onderzoek naar de programmatuur is gewenst. Geilenkirchen (1984) biedt hiervoor een goede checklist. In het bijzonder zal onderzoek naar ervaringen met het gebruik van programma's moeten worden gedaan: hoe gebruiksvriendelijk zijn de programma's, hoe zijn de ervaringen ten aanzien van onderhoud, in hoeverre bevatten de programma's fouten, wat is de rekennauwkeurigheid, enz.

De subgroep Microcomputers van de Sectie Statistische Programmatuur van de Vereniging Voor Statistiek ontplooit in deze een grote activiteit.

4.3 Rekennauwkeurigheid

De - relatief - kleine woordlengte van microcomputers kan problemen geven bij bepaalde statistische berekeningen, zoals het berekenen van (hogere) momenten en regressieproblemen. Lachenbruch (1983) geeft een analyse, toegepast op enkele programma's op een microcomputer, terwijl Stermerdink (1982) de resultaten van dergelijke berekeningen ook voor pakketten op grotere computers analyseert. Onder meer Lachenbruch (1983) en Van Nes (1980) geven ook enige oplossingen. Het grote probleem is dat de juiste methoden zelden of nooit in de programmatuur zijn geïmplementeerd en dat waarschuwingen tegen numerieke problemen niet worden gegeven.

4.4 Rekensnelheid

Of de rekensnelheid voldoende - en daarmee de responsetijd aanvaardbaar - is, hangt uiteraard van de kracht van de micro, de ingewikkeldheid en omvang van het probleem en het geduld van de gebruiker af. Een open deur is, dat deze geringer is dan bij grotere systemen. Bij grotere problemen zal dan ook moeten worden nagegaan of de personal het probleem wel redelijk aankan.

5. Beheersproblematiek

5.1 Beheer

In Van der Weele (1983b) worden de taken die de bezitter van een microsysteem heeft met betrekking tot het beheer, vergeleken met de taken van een rekencentrum. Deze taken zijn onder te verdelen in beheer en ondersteuning van het gebruik van de faciliteiten (Van der Weele (1983a)). Beheer omvat voor de bezitter van een microsysteem de volgende zaken.

1. Aanschaffing van apparatuur: er zal een keus moeten worden gemaakt uit het - grote en diverse - aanbod van apparatuur.

2. Technische storingen zullen zelf moeten worden geconstateerd; voor de oplossing zal - naar mag worden aangenomen - een service-centrum kunnen worden ingeschakeld; bij de aanschaf zullen de prijzen van onderhoudscontracten en incidentele reparaties moeten worden ingecalculeerd.
3. Basisprogrammatuur, waaronder vertalers en een editor, moet worden geselecteerd. De kwaliteit en de prijs hiervan zijn redelijk tot goed.
4. Het onderhoud van basisprogrammatuur is een groter probleem. Het is vaak lastig te bewijzen dat de oorzaak van een falen is gelegen in de basisprogrammatuur; vervolgens zal moeten worden uitgezocht op welk punt de programmatuur faalt. Dan zal er een adequate service van de betrokken leverancier moeten zijn om het probleem op te lossen. In afwachting van de oplossing, moet een methode worden gevonden het gerezen probleem te omzeilen teneinde de berekeningen toch te kunnen uitvoeren. Distributie van nieuwe versies is voor de leveranciers een probleem. De basisprogrammatuur zal daarom stabiel moeten zijn en dientengevolge lijden aan gebrek aan aanpassing aan 'the state of the art', tenzij - ten koste van een aanzienlijke investering in marktverkenning - de bezitter van de micro in deze zelf actief is.
5. De acquisitie van toepassingsprogrammatuur vergt eveneens een actieve marktverkenning. Uit dit weliswaar reeds grote - maar kwalitatief dubieuze - aantal aangeboden statistische programma's, moet een keus worden gemaakt. Onvoldoende kwaliteit en lacunes in de geboden faciliteiten, maken het nodig dat er nog tamelijk veel zelf zal moeten worden geprogrammeerd. Afgezien van de aanzienlijke hoeveelheid tijd die programmeren - en testen - toch al kost, wordt dit bij een microsysteem extra bemoeilijkt door minder krachtige vertalers, een beperkte geheugenruimte en een kleinere woordlengte waardoor het halen van voldoende nauwkeurigheid een probleem is. Eilers en Raatgever (1984) geven een overzicht van de inspanning die het ontwikkelen van een verzameling statistische programma's op een microcomputer (Commodore) kost.

6. Door het grote aantal, uiteenlopende, microsystemen, zal gewenste standaard-toepassingsprogrammatuur vaak slechts operationeel kunnen worden gemaakt door aanpassing aan het eigen systeem.
7. In het geval van eigen gebruik van de personal, is documentatie een ondergeschikt punt in de beheerstaak, omdat uitleg voor een groep gebruikers die inhomogeen van samenstelling is, niet behoeft te worden gegeven.
8. Voor beheer en onderhoud van toepassingsprogrammatuur, gelden de problemen die bij de basisprogrammatuur zijn opgesomd in (sterk) vergrote mate, omdat - net als bij de grote computer - toepassingsprogrammatuur vaak door minder professionele ontwikkelaars wordt uitgebracht, wat minder aanhouden van standaards en meer programmafouten betekent.
9. De diversiteit van de personal computers en de locale aanpassingen, maken dat er zelden een beroep op de leverancier van een programma kan worden gedaan om programmafouten te corrigeren. Correcties drukken dan ook direct op de bezitter/beheerder van de micro.

5.2 Ondersteuning

Ondersteuning van het gebruik van computer-faciliteiten omvat globaal:

- gebruiksaanwijzingen van de apparatuur
- publikatie van beschikbare programmatuur
- het leren werken met de programma's
- ondersteuning bij problemen die men tegenkomt bij het gebruik van apparatuur en programmatuur; in het bijzonder het omzeilen van door programmafouten veroorzaakte problemen
- evaluatie van programmatuur en het gebruik ervan.

Bij uitsluitend eigen gebruik van de personal, is ondersteuning niet van toepassing. Wordt de personal ook aan anderen beschikbaar gesteld, dan zal de bezitter/beheerder van het systeem echter wel - een vaak niet onaanzienlijke - inspanning voor ondersteuning moeten verrichten.

5.3 Evaluatie

Weliswaar kan de bezitter van een personal computer in de beheerssfeer grote steun vinden bij microcomputer-clubs, tijdschriften en een levendige (vaak zwarte) ruilhandel, maar toch kan gesteld worden dat - naast ontegenzeggelijk aanwezige voordelen - het bezit van een microcomputer in de beheerssfeer aanzienlijke inspanningen met zich meebrengen. Dit geldt in het bijzonder voor die gebruiker die een computer ziet als hulpmiddel om berekeningen uit te voeren en niet als 'hobby', wat kenmerkend is voor de gebruiker van statistische programmatuur. Deze inspanningen - en de daaraan gepaard gaande kosten - en het gebrek aan goede toepassingsprogrammatuur, vormen de keerzijde van het stand-alone gebruik van een computer en maken een nadere bezinning op de prijs/prestatie-verhouding van personal computers nodig. Dit geldt des te sterker naarmate de bezitter van de personal minder professioneel is. Naast de kosten die de genoemde beheersactiviteiten met zich meebrengen, heeft de 'leken'-bezitter nog een gebrek aan computerkennis, programmeervaardigheid en ervaring, die een adequaat beheer vrijwel onmogelijk kunnen maken. Eilers en Raatgever (1984) geven een aantal redenen waarom een (hun) ontwikkelde verzameling van statistische programma's voor een microsysteem voorlopig waardevol zal blijven. Zij stellen

- (a) Er blijven altijd wensen voor specifieke toepassingen die nooit door een algemeen pakket gedekt zullen worden. Dat is correct maar is nog geen reden programmatuur juist voor een microcomputer te ontwikkelen.
- (b) Door de eenvoud van de programma's, is het niet nodig een pakkettaal te leren. Ook dat is als zodanig correct; het beheersen van een pakkettaal geeft echter een flexibele toegang tot andere methoden dan die in het desbetreffende programma zijn opgenomen.
- (c) Eigen ontwikkelde programmatuur heeft een voordeel omdat pakketten bepaalde wensen niet kunnen vervullen of niet zelf te corrigeren fouten bevatten. Dit is - net als punt (a) - een argument dat er voor pleit dat elke gebruiker van de computer zelf kan programmeren. Het is de vraag of dat een haalbare zaak is en welke prijs hiervoor moet worden betaald.

Verder raakt nu juist deze eigen controle aan de beheersproblematiek die in het voren is geschetst.

- (d) De apparatuur is goedkoop. In absolute zin is dat waar. Als de kosten voor programmering en beheer en onderhoud worden meegerekend, is het zeer de vraag of de gebruiker goedkoper uit is dan met een mainframe.
- (e) Bij gebruik van een microcomputer, treden er geen wachttijden op. Inderdaad, als niet net een collega met het ding bezig is.

De aangevoerde redenen kunnen worden gekwalificeerd als: "waar, maar..." en vormen een voorbeeld van een eenzijdig beschouwen van kosten en baten. Deze redenen ondersteunen daardoor mijn pleidooi voor een zorgvuldige afweging van de voor- en nadelen van de personal computer.

Mijns inziens, moet een personal computer niet als alles zaligmakend worden beschouwd. De voordelen van de personal computer en de voordelen van een general purpose mainframe kunnen worden gecombineerd in de in de volgende paragraaf te bespreken synthese.

6. De microcomputer als intelligente terminal

De voordelen van de personal en de besproken bezwaren, zijn te ondervangen door de personal te gebruiken als een intelligente terminal. Dat wil zeggen: de micro wordt naar keuze gebruikt als stand-alone systeem of via een netwerk als terminal op een grote computer (Van de Wijngaart (1981), Van der Weele (1983b)). Waar de micro voldoende power heeft of meer geschikte programmatuur, wordt deze als stand-alone systeem gebruikt. Bijvoorbeeld voor de volgende toepassingen:

- kleinere rekenproblemen met beperkte eisen ten aanzien van reken-nauwkeurigheid
- editing werk, in het bijzonder tekstverwerking, programma-ontwikkeling en het samenstellen van een mooie layout
- retrieval
- data-entry
- grafisch werk
- data screening, bijvoorbeeld met EDA technieken

- berekeningen aan (statistische) modellen, waarbij het proces wordt bestuurd in interactie met het programma.

Voor meer rekenintensieve problemen of het beschikbaar zijn van betere programma's op het grote systeem, wordt de micro gebruikt als terminal. Bijvoorbeeld voor het gebruik van batch-programma's - toch nog steeds SPSS? - of het aansluiten van een (deel van een) data base voor verwerking met een statistisch programma.

In de beheerssfeer is het voordeel van deze wijze van werken de mogelijkheid ontwikkeling, beheer en onderhoud op de grote computer centraal uit te voeren. Voor gebruik in stand alone modus, kan het benodigde programma dan naar de micro worden gecopieerd. De voordelen hiervan zijn evident.

- acquisitie, aanschaffing, beheer en onderhoud, hoeven maar op een plaats voor het hele netwerk van centrale computer(s) en microsystemen te gebeuren, wat arbeid en kosten bespaart
- elke gebruiker is verzekerd van de meest actuele versie van het programma
- informatie over de status van een programma, zoals bekende fouten en geplande uitbreidingen, kan op een centrale plaats worden verkregen
- bij (vermoede) fouten in programma's kan worden teruggevallen op het centrale beheer om de zaak uit te zoeken en te (doen) corrigeren
- technische en inhoudelijke ondersteuning bij het gebruik van programma's kan centraal worden verkregen
- het zelf programmeren wordt verminderd doordat bij lacunes in de voorzieningen op de micro, of bij fouten in programma's, in het - grotere - aanbod van programma's op het grote systeem naar alternatieven kan worden gezocht
- een grotere organisatie staat sterker tegenover leveranciers dan individuele micro-bezitters, waardoor een betere dienstverlening kan worden afgedwongen bij het onderhoud van gekochte programmatuur.

Hoewel er nog weinig ervaring is met het hier beschreven gebruik van personal computers, is er geen twijfel dat dit op betrekkelijk korte termijn haalbaar is. Tegen die tijd zullen ook prijzen van microsystemen en van programmatuur meer zijn gestabiliseerd en kan een kosten/baten analyse worden uitgevoerd om in concrete gevallen een optimaal gebruik van rekenfaciliteiten te bepalen. Zie ook Van der Weele (1983b).

7. Conclusie

De ontwikkelingen in de micro-wereld, zowel wat betreft hardware als wat betreft programmatuur, gaan zo snel dat uitspraken van vandaag morgen achterhaald blijken te zijn en dus conclusies met de nodige voorzichtigheid moeten worden getrokken. De microcomputer heeft een golf van enthousiasme met zich meegebracht, niet in de laatste plaats door de geringe initiële kosten. Een waarschuwing is echter wel op zijn plaats vooral voor de niet-professionele gebruiker en voor diegene die een klein - en dus goedkoop - systeem aanschaffen. Overschat niet de mogelijkheden aan programmatuur en onderschat niet de inspanning - en dus de kosten - die het beheer van een eigen systeem met zich meebrengt. Een zekere mate van centralisatie - de micro als intelligente terminal - en zeker ook standaardisatie op hardware, operating systemen en toepassingsprogrammatuur, moet uit kostenoverwegingen worden aanbevolen.

8. Literatuur

Boer Th.W. de en Boon P.J.S. (1983): "Statistische programmatuur op microcomputers"

Bundel Symposium Statistische Software, 25-34

Centrum voor Data Analyse, Utrecht

Eilers G.A.M. en Raatgever J.W. (1984): "Statistische programma's voor Commodore microcomputers"

Kwantitatieve Methoden 13, 166-175

Geilenkirchen J.Th. (1984): "Inventarisatie van statistische programmatuur voor microcomputers"

Kwantitatieve Methoden 13, 156-165

Informatica Stimuleringsplan (1984)

ISBN 90 12 04563 0

Lachenbruch P.A. (1983): "Statistical Programs for Microcomputers"

BYTE, nov. 1983, 560-570

Murphy B.P. (1982): "New Computing Tools and New Statistical Packages"

COMPSTAT 1982, part I: Proceedings in Computational Statistics, Wenen, 348-352

Musegaas B.E. (1983): "Statistische software voor microcomputers"

Centrum voor Data-Analyse, Utrecht

Nes F. van (1980): "Nauwkeurige berekening van gemiddelde en standaarddeviatie met een (zak)rekenmachine"

Kwantitatieve Methoden 1, 143-152

Stemerding G. (1982): "Vergelijking van rekennauwkeurigheid bij verschillende statistische programmapakketten"

Kwantitatieve Methoden 5, 116-128

Weele L.Th. van der (1983a): "Programmafouten: wel of niet corrigeren."

Bundel Symposium Statistische Software, 155-170

Centrum voor Data-Analyse, Utrecht

Weele L.Th. van der (1983b): "De personal computer en statistische toepassingen"

Informatie, jaargang 25, nr.10, 88-93

Wijngaart C. van de (1981): "Statistische programmatuur en computers: enkele ontwikkelingen"

Kwantitatieve Methoden 3, 90-103

Ontvangen: 26-3-1984