

STATISTISCHE SOFTWARE ALS FOUTENBRON

André de Jong * en Gerrit van der Vorst **

Samenvatting.

In statistische computerprogramma's zitten vaak fouten, zeker in grote pakketten. Het bestaan van deze foutenbron wordt vaak genegeerd bij selectie en gebruik van programma's. Omdat veel leveranciers moeite hebben met een adequate ondersteuning blijven zelfs de eenmaal ontdekte fouten vaak maanden ongecorrigeerd. Deze situatie vraagt al jarenlang om serieuze en misschien ook wel ingrijpende maatregelen die uitblijven omdat het om tijdsintensief werk gaat (waar weinig druk op staat) en samenwerking een lastige zaak is gebleken (waar ook weinig druk op staat). De opkomst van de mikrocomputer dreigt nu de situatie nog meer te compliceren, doordat, mede door de grote verscheidenheid aan op de markt gebruikte mikrocomputers, het aanbod van statistische programmatuur voor mikrocomputers niet of nauwelijks doorzichtig is. Hoog tijd voor een forse inhaaloperatie onder het motto "Statistische software naar een hoger plan".

1. Inleiding.

Het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek is een vak apart, dat specifieke kennis en vaardigheden vereist. Meestal liggen op de onderzoeksroute de nodige voetangels en klemmen; te denken valt hierbij ook aan sociaal-wetenschappelijk onderzoek waarbij getracht wordt menselijke eigenschappen en gedragingen te meten. Zelfs als het begeerde cijfermateriaal eenmaal binnengehaald is, kan er nog van alles fout gaan. In deze bijdrage geven we een korte beschouwing over de introductie van een extra foutenbron indien bij statistisch rekenwerk programmatuur als hulpmiddel gebruikt wordt (zie ook G.P. van der Vorst (1982a, 1982b en 1983)). Een foutenbron waarvan het bestaan wel bekend is (of beter: erkend wordt) maar die kennis lijkt min of meer verdrongen te worden; het verschijnsel wordt geaksepteerd als iets waarmee geleefd moet worden. Het probleem is dus niet nieuw; wat dat betreft lijkt dit verhaal op schoppen tegen een open deur, maar het kan ook gezien worden als een zoveelste poging om die deur eindelijk eens dicht te trappen. Het is name-

*
Stichting Mens, Computer, Maatschappij 1984
(MCM84)
Postbus 15
3500 AB UTRECHT

**
Centrum voor Data-Analyse
Varkenmarkt 2
3511 BZ UTRECHT
(030-)328711 toestel 350

lijk nog steeds verbazingwekkend dat deze foutenbron zo geaksepteerd wordt en dat er in feite weinig aan gedaan wordt; zeker gezien de moeite die bijvoorbeeld een statisticus (onderzoeker) zich getroost om de resultaten van een onderzoek te verantwoorden.

We stellen ons tenminste voor dat een onderzoeker zorgvuldig te werk gaat. Na de formulering van een probleemstelling zal meestal een gedegen onderzoeksplanning worden opgezet, d.w.z. er wordt een onderzoeksoptiek gekozen, waarbij de noodzakelijke gegevens worden verzameld, en de bekende voetangels en klemmen worden vermeden en er wordt een verantwoorde keuze gemaakt van de toe te passen methode.

Op de gegevens die de meting dan oplevert, worden statistische analyse-technieken toegepast en de resultaten van deze bewerking worden op een verantwoorde wijze geïnterpreteerd en zo gepresenteerd dat ze voor een ieder toegankelijk en te overzien zijn. Een derde kan zich al dan niet konformereren met de conclusies die uit de resultaten getrokken worden. Van bijna elk van de hier geschetste fasen van het onderzoek zal een verantwoording gegeven (kunnen) worden. Bijna, omdat dat voor één fase vaak niet het geval is, namelijk de fase waarin de bewerking van de meetgegevens plaatsvindt.

In deze fase wordt meestal een computer ingeschakeld als hulpmiddel voor de verwerking van de gegevens. Dat is op zich begrijpelijk; de rekenkundige bewerking van gegevens is een niet zo'n interessant onderdeel van het onderzoek; daarbij kan het gaan om grote hoeveelheden gegevens die op een voorgeschreven standaardwijze bewerkt moeten worden, of de analyse is zo complex dat de bewerkingen "met de hand" niet uitvoerbaar zijn, dan wel te tijdsintensief. Een computer, een rekenautomaat, kan dan uitkomst bieden.

Dat apparaat is immers bij uitstek geschikt voor de uitvoering van snel en precies rekenwerk.

2. Het programmeerprobleem.

In principe is dat laatste juist. De deelfuncties van het apparaat werken zeer snel en precies. De bottleneck voor de toepassing van de computer zit echter in het gekozen programma: de reeks van instructies waarmee het apparaat de verlangde bewerkingen uitvoert. Het gaat hier om een algemeen probleem dat in feite van groot maatschappelijk belang is maar door slechts weinigen als zodanig wordt onderkend: het programmeerprobleem.

Om het ontstaan van dit probleem te kunnen begrijpen, is een terugblik nodig. De eerste inspanningen op computergebied waren gericht op de constructie van apparatuur. Het programmeren van de eerste computers was een ingewikkelde en zeker voor de onderzoeker een ondoenlijke opgave. Nadien zijn de inspanningen vele jaren vooral gericht gebleven op de perfectie van de apparatuur. Het programmeren werd daarbij wel gemakkelijker maar nooit makkelijk. Het omgaan met een grote maar eindige machineprecisie vereist bij bepaalde toepassingen bijvoorbeeld specifieke mathematische kennis die relatief weinigen gegeven is. Ook weinig programmeurs!

Het "gat" tussen de basisfaciliteiten, computerapparatuur en de door-

gaans bijgeleverde (bedrijfs)systeemprogrammatuur en de specifieke toepassing ervan is in feite bijzonder groot. En dat is gerust een maatschappelijk probleem te noemen, gelet op het grootscheepse gebruik van computers in onze samenleving.

Het gebruik van computerapparatuur waarborgt in ieder geval niet de beoogde verwerkingsprecisie. En dat strookt bepaald niet met de beeldvorming die rond het gebruik van computers ontstaan is, hetgeen misschien wel het feitelijke probleem is. Het gebrek aan adequate programmeerkapaciteit, en dus programmatuur, wordt ook wel aangeduid met "de softwarekrisis", een term die dateert van een Nato-konferentie die zo'n vijftien jaar geleden werd gehouden over de toen al gesignaleerde problemen bij het praktische gebruik van computers. Nu verliest de term "krisis", zeker bij de huidige economische malaise, door het frekwente gebruik aan betekenis dan wel kan het gebruik ervan irritatie oproepen. We zouden daarom liever van een programmeerprobleem spreken. De signalering van een krisissituatie op computergebied heeft overigens nog niet geleid tot een structurele verbetering. Niet voor wat betreft de beeldvorming en (dus?) ook niet voor wat betreft het programmeerprobleem zelf.

De samenstelling van computerprogramma's is een discipline apart, het vereist kennis van numerieke wiskunde, kennis van programmeertalen, programmeertechnieken, systeemanalyse en kennis van de specifieke mogelijkheden van het apparaat, enz.

Kennis die vaak niet aanwezig is bij de doorsnee onderzoeker. Wil hij de computer toepassen dan is hij al gauw aangewezen op door anderen ontwikkelde programmatuur. Het verwerkingsprobleem zou dan getransformeerd zijn in een programmeerprobleem, ware het niet dat er inmiddels, vooral voor de grotere computers (mainframes en minicomputers), een groot aanbod is aan programmatuur voor rekenwerk van statistische aard. Het gebruik van statistische programmatuur van derden, vooral van standaardprogrammatuur, is dan ook groot bij universiteiten en andere instellingen die over grotere computers beschikken. Ook of vooral uit kostenoverwegingen wordt dergelijke programmatuur gekocht en grootscheeps gebruikt.

3. Statistische programmatuur

In het geval van statistische programmatuur die door derden is samengesteld, blijft er echter een groot probleem bestaan. Die derden waren namelijk vaak programmeurs zonder statistiekkennis of statistici zonder programmeerervaring, die voor eigen gebruik, voor de toepassing van een "eigen" statistische methode aan het programmeren zijn geslagen. En zo is de ontwikkeling van het aanbod van met name statistische programmatuur verre van evenwichtig verlopen.

Er kan gesteld worden dat er veel sprake is geweest van "beunhazerij" bij de produktie van deze software. In de loop der jaren is dan ook een enorme wildgroei ontstaan aan statistische programmatuur zonder controle of begeleiding. Dit heeft tot gevolg gehad dat er nu een groot aanbod van statistische programmatuur bestaat, van technisch gezien vaak onbekende of inferieure kwaliteit. Toch hebben die programma's een grote groep afnemers gevonden, er was blijkbaar een grote behoefte om de com-

puter toe te passen bij de statistische verwerking van gegevens. Dit heeft niet geleid tot kwaliteitsverbetering van de programmatuur maar had eerder gevolgen voor de kwantiteit. Het werd ook commercieel aantrekkelijk om statistische software te verkopen. Dit heeft ertoe geleid dat de oorspronkelijke leverancier uitgegroeid is tot een in veel gevallen commerciële organisatie zoals bijvoorbeeld SPSS Inc. (met Europese vertegenwoordiging); of de rechten voor verkoop werden overgedragen aan een commercieel bureau.

Dat betekende zeker geen kwaliteitsverbetering. Kwaliteit werd ook eigenlijk niet geëist door de gebruiker, de afnemer, en kon ook niet geëist worden daar de gebruiker geen kennis had van normen die gehanteerd zouden moeten worden bij het ontwerpen van software of niet wist welke kwaliteitseisen men zou moeten stellen.

Bovendien moet geconstateerd worden dat er van de zijde van de "belangenbehartigers" van de gebruikers zoals rekencentra, samenwerkingsverbanden of klups op het gebied van statistische software weinig is gedaan aan sanering van de situatie door het bedenken en stellen van eisen zoals: voorlichting van de leverancier, kwaliteitscriteria, onderhoud e.d. Er is nog steeds geen sprake van algemeen geaccepteerde normen en kwaliteitscriteria, noch bij de leverancier, noch bij de gebruiker en zo is de huidige "chaos" ontstaan op het gebied van beschikbare statistische programmatuur. Een overvolle markt van statistische programmatuur die vaak in de prototype-fase of nog erger is blijven steken.

Evaluatie is dringend noodzakelijk, de prioriteit moet zo snel mogelijk worden verlegd van meer naar GOED.

Er is overigens op het gebied van statistische computerprogrammatuur hier en daar wel schuchter wat aan evaluatie gedaan. De resultaten zijn vaak nauwelijks bruikbaar en worden in ieder geval nauwelijks gebruikt. Een lijst met criteria en overwegingen voor evaluatie, enkele jaren geleden in Amerika opgesteld door Francis c.s., is het net zo vergaan als het bekende boek "A discipline of programming": er is bijzonder veel aan gerefereerd, het lijkt aanzienlijk minder gelezen te zijn en wordt zo te zien nauwelijks in praktijk gebracht. Hierbij wordt altijd tijdgebrek als voornaamste reden voor nalatigheid aangevoerd. Een kwestie van prioriteitenstelling.

4. Fouten in statistische software

In de tussentijd wordt de voorhanden zijnde statistische software er niet minder druk om gebruikt. Het gebruik van deze software is zelfs nog steeds stijgend: aan de RuU worden de daar beschikbare statistische programma's nu jaarlijks zo'n 100.000 keer gebruikt.

En dat is toch eigenlijk verontrustend, dat blijkbaar resultaten gebruikt worden die verkregen zijn met behulp van het hulpmiddel "statistische programmatuur", waarvan de kwaliteit niet bekend is; vaak zelfs aantoonbaar dubieus.

Een blik op de foutenlijst van bijvoorbeeld SPSS doet al ernstig twifelen aan de bruikbaarheid van met het programma verkregen uitvoer. Wat te denken van mededelingen als:

"...het is niet bekend of de fout effect heeft op de uitvoering..."

of:

"...als optie 5 gebruikt wordt loopt het programma in een mode error of het resultaat is niet korrekt..."

enzovoorts; er is een aardige bloemlezing te houden over die SPSS-foutenlijst.

(Illustratief is in dit verband ook het recent verschenen artikel van C. Lewis (1984), waarin enkele verrassende kapriolen van het subprogramma MANOVA uit SPSS worden behandeld).

Dit geldt niet alleen voor SPSS; ook bij andere pakketten worden dergelijke mededelingen gegeven. Dat de foutenlijst bij een ander pakket vaak korter is, zegt waarschijnlijk meer over de intensiteit waarmee het pakket wordt gebruikt dan over de korrektheid van het programma. Met andere woorden: als foutenbron zullen de verschillende pakketten elkaar niet zoveel ontlopen. Een normale reactie zou moeten zijn dat het instrument "statistische programmatuur" in de huidige situatie als onbruikbaar aan de kant zou worden geschoven. Welke waarde moet je immers toekennen aan de resultaten die een bewerking met een dergelijk instrument oplevert? Je kunt als onderzoeker de korrektheid van de verwerking niet aantonen of verantwoorden.

Toch wordt het gebruik niet stopgezet, integendeel: het gebruik neemt toe. Een verontrustende gedachte!

En dan beperken we ons nog tot fouten die in de programmatuur voorkomen, fouten die het programma kwalificeren tot onzinnig, illegaal, fragiel, bijna goed, verdacht, onjuist enz.

Daarnaast bestaan er namelijk ook riant mogelijkheden voor gebruikersfouten, zoals: onzin in sturgegevens van de programmatuur; niet toetsen op vooronderstellingen; misplaatst gebruik van defaults enz.

Ook kwaliteitsaspecten die het verantwoord gebruik van het hulpmiddel computer mee bepalen, maar op zich niet de fouten in de programmatuur voorkomen.

Men zou dat kunnen vergelijken met de vreemde situatie dat men de buitentemperatuur zou gaan meten met een niet-geijkte thermometer, bijvoorbeeld met een kwikthermometer waarvan de kwikdraad op enkele plaatsen onderbroken is. Het apparaat kan heel gebruikersvriendelijk uitgevoerd zijn, zoals: goed afleesbaar (grote cijfers en ruime afstand tussen de verdeelstrepen) en men wordt behoed voor gebruikersfouten: het apparaat begint te piepen als het bij het kwikreservoir vastgehouden wordt. Het apparaat kan zelfs van de "vijfde" generatie zijn: een thermometer waar je tegen kunt zeggen: "ga eens buiten kijken, hoe koud het is".

Maar het blijft een onbetrouwbaar meetinstrument.

Het oplappen van gedetekteerde fouten draagt (structureel) weinig bij tot een verbetering van de kwaliteit van het programma. De leverancier is ook meestal niet zo geïnteresseerd; liever worden nieuwe toeters en bellen aangebracht, dat is commercieel aantrekkelijker dan dat er inspanning verricht wordt om het produkt korrekt te laten werken.

De leverancier van SPSS-versies voor CDC-computers stuurt tegenwoordig bij melding van gedetekteerde fouten een standaardbrief terug met de strekking "dank voor de melding; in de volgende versie is alles beter". Bij de gebruiker blijft het onbehaaglijke gevoel over hoe met de oude

versie omgegaan moet worden.

5. De komst van de microcomputer

We beperkten ons tot nu toe tot beschikbare statistische programmatuur voor grote computersystemen, zoals minicomputers of mainframes. Daarbij is er nog het voordeel dat er bijvoorbeeld via een rekencentrum enig zicht is in de situatie. Maar het gebruik van microcomputers, ook voor statistisch rekenwerk dringt in alle lagen door. En de ontwikkeling van programmatuur verloopt op soortgelijke wijze als voor mainframes; met nog meer beunhazerij en als gevolg een nog grotere chaos.

Door de lage kosten van microcomputers is een potentieel groot afzetgebied ontstaan dat wordt geëxploiteerd door allerlei, vooral kleine, software-bedrijfjes, en individuele hobbyisten. Daarbij is zo'n grote verscheidenheid aan typen en merken microcomputers voorhanden dat doorzichtigheid en overzichtelijkheid van het aanbod (de markt) helemaal niet meer mogelijk is. En het aantal microcomputerbezitters neemt sterk toe en daarmee de behoefte aan applicatiesoftware, zoals statistische programmatuur.

Het is ook wel aantrekkelijk om met een microcomputer statistische bewerkingen uit te voeren en de mogelijkheden daarvoor zijn in potentie groot. Die aantrekkelijkheid zit 'm vooral in het stand-alone karakter van het apparaat (naast natuurlijk het feit dat het apparaat betaalbaar is geworden); het is aantrekkelijk om direkt over een apparaat te beschikken om gegevens te verwerken en niet afhankelijk te zijn van medegebruikers en de organisatievorm die opgelegd wordt door zoiets als een rekencentrum. Ook het interactieve karakter van een microcomputer speelt hierbij een rol. Kortom een microcomputer is veel vriendelijker in het gebruik dan een mainframe. Men krijgt, met de programmatuur, een soort "statistische gegevensverwerker" voor zichzelf.

Alleen moet je die programmatuur wel hebben en daarmee krijgt men weer te maken met de programmatuurchaos, die ontstaan is zoals hiervoor geschetst. Een grote behoefte aan het produkt resulterend in een groot aantal produkten, van onbestemde kwaliteit daar er aan de kwaliteit geen eisen gesteld (kunnen) worden door het ontbreken van kwaliteitsnormen: een erfenis van de toestand bij de (centrale) grote broers. Hoe groot die belangstelling voor statistische software voor microcomputers wel is moge blijken uit de belangstelling voor de inventarisatie die B.E. Musegaas (1983) heeft samengesteld, mede op instigatie van de subgroep microcomputers van de SSP. In dit rapport is begonnen met het opbouwen van een informatiebestand betreffende verkrijgbare statistische programmatuur voor microcomputers (inmiddels zijn ca. 150 programma's opgenomen: een aardig keuze-probleem). De belangstelling was groot. In twee maanden kwamen zo'n 400 aanvragen binnen uit alle hoeken van het land.

Het samenstellen van zo'n rapport is al een probleem op zich: het komt nooit af. De micromarkt is nog lang niet stabiel. Micro's komen, micro's gaan (waarbij er meer komen dan gaan). Deze snel veranderende micromarkt maakt dat de software even zo snel ontwikkeld wordt. Het moet voor de samensteller van de software immers rendabel zijn. Dit zal de kwaliteit van de software niet ten goede komen. De ontwikkeling van echt goede

software vereist naast vakmanschap, tijd en menskracht. Al is de micro klein, dat doet niets af aan de eisen die aan de programmatuur gesteld moeten worden. De apparatuurontwikkeling gaat snel; sneller dan de mogelijkheid er verantwoord gebruik van te kunnen maken.

Het is alsof er apparaten geleverd worden zonder bedieningsknopjes. Die bedenkt de gebruiker zelf maar.

Het apparaat is losgekomen van de toepassing.

6. Statistische software naar een hoger plan

Wat de bediening betreft van de statistische gegevensverwerker is het dus nogal een chaos. De onderzoeker bedient zich van een (meet)instrument waarvan onbekend is of het goed werkt. Het instrument is niet geschikt en is daarom onbetrouwbaar. En dat wordt als foutenbron zelden aangegeven bij de presentatie van de resultaten van een onderzoek. Vaak wordt de toegepaste statistische methode wel toegelicht en bekritiseerd; soms wordt het computerprogramma gegeven waarmee de statistische bewerkingen uitgevoerd zijn; maar heel zelden ziet men vermeld: "Het resultaat kan fout zijn" (!?) terwijl dat op z'n zachtst gezegd niet onmogelijk is.

De vraag blijft of het nu eindelijk niet eens tijd wordt werkelijk de benodigde stappen te ondernemen (ook) statistische programmatuur naar een hoger plan te brengen.

Met "ook" wordt gerefereerd naar het rapport "Programmatuur naar een hoger plan" van de Werkgroep Programmatuurontwikkeling (1982) waarin de problemen voor de software-toestand in Nederland in een breder verband geanalyseerd worden dan het beperktere gebied statistische software, maar waarin passages voorkomen die zeker ook van toepassing zijn op statistische software:

"De Nederlandse situatie vertoont een aantal opvallende kenmerken: De werkwijzen bij het maken van programmatuur zijn ambachtelijk van aard, de daarbij toegepaste hulpmiddelen zijn kwalitatief van een laag niveau, het merendeel van de automatiseerders opereert beroepsmatig op een middelbaar niveau, kwaliteitsbeheersing van programmatuur levert problemen op evenals het ontwerpen van programmatuur, die werkelijk aan gebruikersbehoefte voldoet." (Einde citaat).

In dit citaat wordt weliswaar gesproken over "de Nederlandse situatie", maar de geschetste situatie is natuurlijk niet typisch Nederlands.

In het rapport wordt bij de analyse van de situatie een aantal knelpunten gegeven. We nemen zomaar een greep uit die knelpunten.

Voor wat betreft programmatuurontwikkeling:

- ontbreken van standaard kwaliteitseisen;
- onderhoudsproblemen programmatuur (hiermee blijkt 70% van het automatiseringsbudget gemoeid);
- geen standaardisatie van methoden, technieken en hulpmiddelen.

Voor wat betreft toepassingsgebieden:

- konstatering dat er onvoldoende marktonderzoek plaats vindt.

Dit is een heel summiere greep; maar herkenbaar voor de situatie voor ook statistische programmatuur. Om ons te beperken tot de situatie voor statistische programmatuur: wat zou er nu gedaan kunnen worden om dit hulpmiddel naar een hoger plan te brengen.

1. Sanering programmatuur.

Dat wil zeggen definiëren wat koren is en het kaf van het koren scheiden; opstellen evaluatiecriteria; instellen van testbanken; instellen van het predikaat goed/slecht, d.w.z. een soort keurmerk, toegekend door een soort ijkwezen voor programmatuur (taak voor SSP van VVS?).

Een referentie naar zo'n erkend programma zou dan "voldoende" waarborg moeten geven.

2. Erkenning van programmeren als gekwalificeerde arbeid.

Programmatuur is niet zomaar een produkt. De produktie ervan vereist vakmanschap.

We moeten niet door Jan & Alleman geproduceerde produkten akseptereren. Het ontwerpen van programmatuur moet beschouwd worden als hoog gekwalificeerde arbeid, "ingenieurswerk". Voor programmeren voor derden zou men feitelijk over een soort licentie moeten beschikken, terwijl het vak verder nog een gedegen (beroeps)kode vereist (Te denken valt aan een kode als "Een ontwerp voor een gedragscode voor informatici", Nederlands Genootschap voor Informatica, 1981).

3. In het verlengde hiervan:

Maatregelen voor de wettelijke bescherming van programmatuur: de huidige situatie is geen stimulans voor een serieuze investering van middelen. Motivatie voor het leveren van een goed produkt ontbreekt zolang het produkt niet beschermd is.

4. "Last but not least".

Maatregelen op het gebied van voorlichting/opleiding/onderwijs zoals statistiekonderwijs waarbij ook de toepassing van statistische programmatuur als instrument voor de verwerking van gegevens behandeld wordt en aspecten daarvan. Dat wil zeggen een integratie hiervan binnen het statistiekonderwijs met de behandeling van de vele haken en ogen.

Dit om een paar mogelijkheden te noemen. We zijn ons er van bewust dat deze denkbeelden niet met enthousiasme zullen worden begroet vanuit de gemeenschap van al diegenen die op enige wijze betrokken zijn bij de beschikbaarstelling en het gebruik van statistische software. De voorgestelde maatregelen zullen ongetwijfeld - en terecht - beoordeeld worden als zeer tijdsintensief. We denken desondanks toch dat we moeten blijven aandringen. Dit is namelijk waarschijnlijk dé tijd om een inhaaloperatie te overwegen. Er worden financiële middelen ter beschikking gesteld om programmatuur naar een hoger plan te brengen (denk hierbij ook aan het onlangs verschenen "Informatica Stimuleringsplan" (1984)).

Laten we daarvan profiteren!

7. Literatuur

"Een ontwerp voor een gedragscode voor informatici" (1981),
Nederlands Genootschap voor Informatica.

Francis, I. (1977): "Statistical software, a comparative review",
Elsevier North Holland Inc.

Informatica Stimuleringsplan (1984)
ISBN 90 12 04563 0

Lewis, C. (1984): "Parameter estimation for repeated measures designs
using the SPSS MANOVA program",
Kwantitatieve Methoden 14, 117-133.

Musegaas, B.E. (1983): "Statistische software voor microcomputers",
Centrum voor Data-Analyse, RuU, Utrecht.

"Programmatuur naar een hoger plan" (1983),
Eindrapport van de werkgroep programmatuurontwikkeling; Ministerie van
Onderwijs en Wetenschappen. (Een samenvatting hiervan is verschenen in
Informatie 25 no. 3, 24-29, van de hand van prof. dr. J.A. v.d. Pool).

Vorst, G.P. van der (1982a): "Men neme pen en papier...", kritische
kanttekeningen met betrekking tot het gebruik van een computer als hulp-
middel bij wetenschappelijk en ander rekenwerk,
Centrum voor Data-Analyse, RuU, Utrecht.

Vorst, G.P. van der (1982b): "De computer als black box",
Intermediair 18 no. 51, 1-5.

Vorst, G.P. van der (1983): "Statistische programma's als foutenbron:
uitzondering of regel?",
Jaarboek van de Nederlandse Vereniging van Marktonderzoekers 1983, 3-17.

Weele, L.Th. van der (1983): "Programmafouten: wel of niet corrigeren",
Bundel Symposium Statistische Software, 155-170,
Centrum voor Data-Analyse, RuU, Utrecht.

Ontvangen: 1-6-84