

STAtOR

periodiek van de VVS jaargang 4 nummer 3 oktober 2003

Interview met Prof. dr. Richard Gill

Leugens, verdraaide leugens, statistiek en
...misdaadstatistiek

Godsbewijzen en andere rechtszaken

Verkeerslichtenregelingen in Nederland

50 jaar georganiseerde OR

In Memoriam Prof.dr. Gijsbert Goudswaard

Uitkomsten Lezersenquête

MPS-prijzen voor Nederlanders

STATOR

Jaargang 4, nummer 3, oktober 2003

STATOR is een uitgave van de Vereniging voor Statistiek en Operationele Research (VVS). STATOR wil leden, bedrijven en overige geïnteresseerden op de hoogte houden van ontwikkelingen en nieuws over toepassingen van statistiek en operationele research. Verschijnt 4 keer per jaar.

Redactie

Dick den Hertog (hoofdredacteur), Wies Akkermans, Martijn Berger, Han Oud, Marc Schuld, Gerrit Stermerdink (eindredacteur), Fred Steutel.

Kopij en reacties richten aan

Prof. dr. ir. D. den Hertog (hoofdredacteur), Faculteit der Economische Wetenschappen van de Universiteit van Tilburg, Postbus 90153, 5000 LE Tilburg, telefoon 013 - 466 2122, <D.denHertog@kub.nl>.

Bestuur van de VVS

A.W. van der Vaart (voorzitter) <aad@cs.vu.nl>; S. J. Koopman (penningmeester) <s.j.koopman@econ.vu.nl>; namens de Bedrijfssectie (BDS) P. Banens <banens@cqm.nl>; namens de biometrische sectie (BMS) A. Stein <alfred.stein@wur.nl>; namens de economische Sectie (ECS) P.H.F.M. van Casteren <casteren@fee.uva.nl>; namens het Ned. Genootschap voor Besliskunde (NGB) H. Fleuren <fleuren@uvt.nl>; namens de Sectie Mathematische Statistiek (SMS) P. Spreij <spreij@science.uva.nl>; namens de Sectie Statistische Programmatuur (SSP) S.H. Heisterkamp <sh.heisterkamp@rivm.nl>; namens de Sociaal Wetenschappelijke Sectie (SWS) C. Glas <c.a.w.glas@edte.utwente.nl>.

Leden- en abonnementenadministratie van de VVS

VVS, Postbus 2095, 2990 DB Barendrecht, telefoon 0180 - 623796, fax 0180 - 623670, e-mail <admin@vvs-or.nl>. Raadpleeg onze website over hoe u lid kunt worden van de VVS of een abonnement kunt nemen op STATOR of op een van de andere periodieken.

VVS-website

<http://www.vvs-or.nl>

Advertenties

Contactpersoon: Rita Oomen, telefoon 0167 - 563401, fax 0167 - 561200, <japm.oomen@worldonline.nl>. Uiterlijk vier weken voor verschijnen te zenden aan Pharos, Moeflonstraat 5, 6531 JS Nijmegen, telefoon 024 - 3559214, e-mail <hootegem@xs4all.nl>. STATOR verschijnt in maart, juni, september en december.

Ontwerp en opmaak

Pharos / M. van Hootegem, Nijmegen

Uitgever

© Vereniging voor Statistiek en Operationele Research
ISSN 1567-3383

Inhoud

3 To be OR not to be.
Dick den Hertog

4 Van Cambridge via het Mathematisch Centrum en de overlevingsanalyse naar de kwantumstatistiek. Interview met Prof. dr. Richard Gill.
Han Oud en Gerrit Stermerdink

10 Leugens, verdraaide leugens, statistiek en ...misdaadstatistiek.
Henk Elffers

17 Godsbewijzen en andere rechtszaken.
Column.
Fred Steutel

19 Groen, geel en rood. Verkeerslichten-regelingen in Nederland.
Henk Taale

23 50 jaar georganiseerde OR: oude dame of jonge heer?
Emile Aarts en Benjamin Jansen

26 In Memoriam Prof.dr. Gijsbert Goudswaard.
Jacques van Maarseveen

28 Uitkomsten Lezersenquête STATOR.

30 MPS-prijzen voor de Nederlanders Bert Gerards en Alexander Schrijver.

31 Agenda



To be OR not to be

In de bijdrage van Aarts en Jansen in dit nummer wordt teruggekeken op vijftig jaar Operations Research. Gedurende het laatste decennium van de 20ste eeuw vond er een interessante ontwikkeling plaats. Oorspronkelijk was een OR'er een generalist die zijn OR kennis op tal van gebieden kon inzetten. In de jaren negentig van de vorige eeuw vroeg de markt in toenemende mate om specialisten. Veel specifieke OR-afdelingen van bedrijven werden opgeheven en de OR'ers werden bij andere afdelingen ondergebracht, over de hele organisatie verspreid. Tegelijkertijd ontstonden er bedrijven die zich specialiseerden in het toepassen van OR op specifieke gebieden. Het aantal mensen dat OR gebruikt is daardoor zeker niet afgenomen, wel het aantal mensen die zich OR'ers noemen. To be or not to be OR. Een dergelijke ontwikkeling heeft zich ook voltrokken in de statistiek.

Deze ontwikkeling heeft zowel voordelen als ook enkele nadelen. De versnippering van kennis is zo'n nadeel. Voor statistici en OR'ers die in de verschillende specialismen werkzaam zijn is het lastiger om op de hoogte te blijven van de ontwik-

kelingen bij de andere specialisaties. Het wiel kan zodoende meerdere keren opnieuw worden uitgevonden. Verder is het voor studenten minder duidelijk wat ze later met hun kennis kunnen aanvangen. Voor hen is het niet zonder meer helder in welke functies ze na hun studie terecht komen. 'Ik zie in Intermediair nooit een advertentie waarin een OR'er gevraagd wordt.'

Op beide punten kan STATOR een positieve rol vervullen. We willen u op de hoogte houden van de statistiek en OR ontwikkelingen in de diverse specialistische toepassingsgebieden. Bovendien wordt door de voorbeelden in STATOR het voor studenten duidelijker in welke functies ze na hun studie terecht kunnen. De positieve uitslag van de onlangs gehouden enquête onder lezers ervaart de redactie als een extra stimulans!

Veel leesplezier!

Dick den Hertog
hoofdredacteur

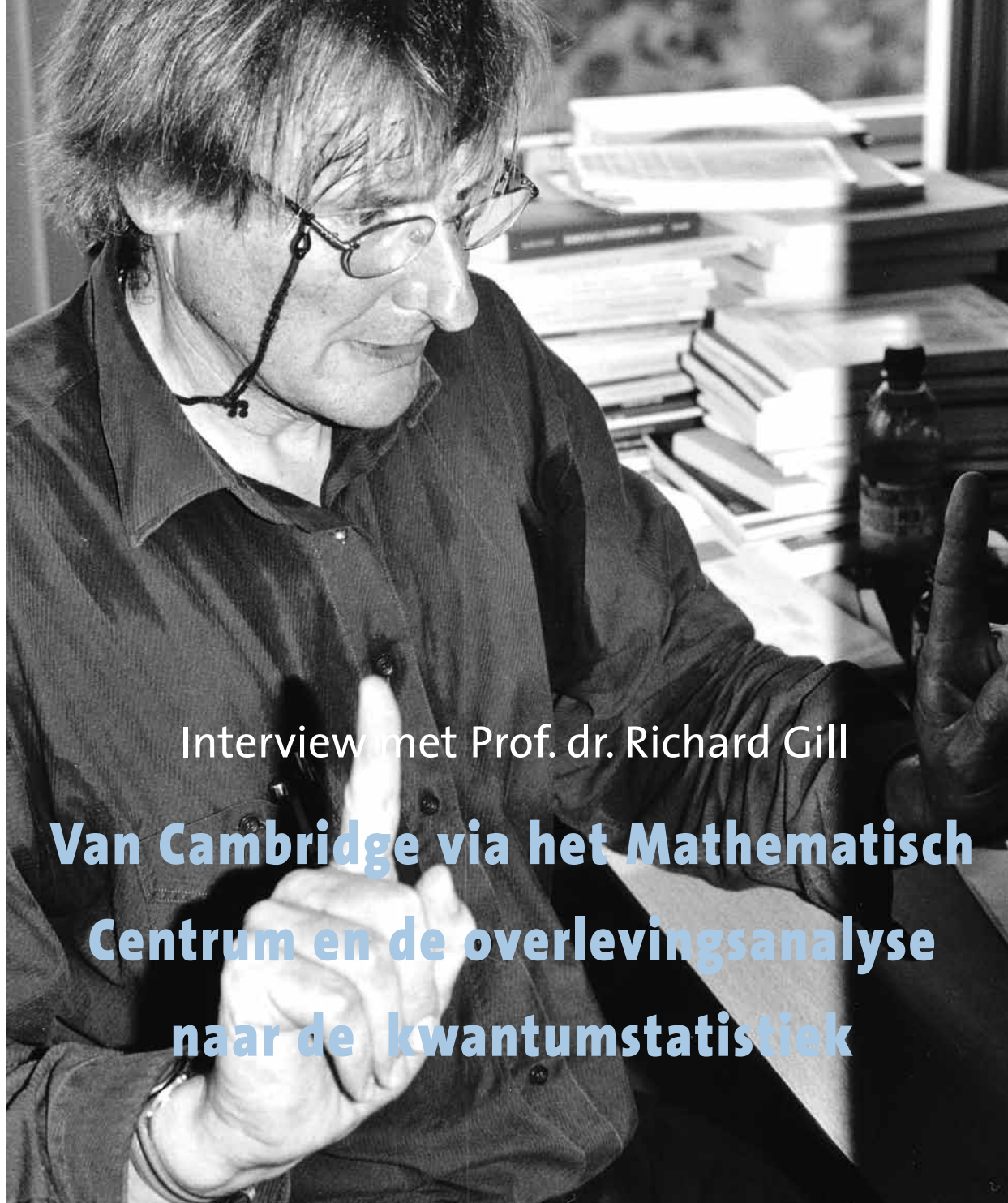


Foto: Gerrit Stemerding

HAN OUD EN GERRIT STEMERDINK

Van Engelse origine, ontwikkelde Richard Gill zich na zijn komst naar Nederland in 1974 tot een van de leidende statistici in en buiten ons land. In de periode 1983-1988 was hij hoofd van de afdeling Mathematische Statistiek van het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) in Amsterdam en

vanaf 1988 is hij hoogleraar in de mathematische stochastiek aan de Universiteit van Utrecht. In 1990 ontving hij de Van Dantzigprijs. Hij was en is redacteur van verschillende internationaal vooraanstaande statistische tijdschriften (*Annals of Statistics, Probability and Mathematical Statistics,*

Mathematical Methods of Statistics, Bernoulli). In de periode 1990-1996 had hij als hoofdredacteur *Statistica Neerlandica* onder zijn hoede. Behalve van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW) is hij gekozen lid/fellow van het International Statistical Institute (ISI) en het Institute of Mathematical Statistics (IMS) en heeft hij zowel bij de IMS als de Bernoulli Society bestuursfuncties vervuld. Na zijn promotie op het terrein van overlevingsanalyse in 1979 bij Oosterhoff heeft hij weinig onderwerpen in de statistiek onaangeroerd kunnen laten, maar sinds 1996 is de kwantumstatistiek, een relatief nieuw vak, zijn grote voorliefde geworden. Reden voor *STAtOR* om hem vooral hierover aan het woord te laten.

Hoe ben je met je Engelse achtergrond in Nederland en in de Nederlandse statistiek terecht gekomen?

Ik ben in 1951 in Engeland geboren, in Redhill, een klein provinciestadje ten zuiden van Londen. Mijn vader had in de oorlog natuurkunde gestudeerd in Cambridge en hield zich bezig met natuurkundige proeven om het gedrag van materialen te testen, het gedrag van plastic buizen onder hoge druk bijvoorbeeld. Nadat ik in Marlow de *grammar school* had doorlopen, besloten mijn ouders en leraren dat ook ik in het voetspoor van mijn vader natuurkunde in Cambridge zou gaan studeren. Scheikunde was niet mijn sterkste kant en voor natuurkundige proeven was ik veel te onhandig. Daarom werd het de combinatie wiskunde-natuurkunde. Toen ik in Cambridge begon, bleek het toch vooral wiskunde te zijn met maar een beperkte dosis natuurkunde. Gelukkig vond ik die wiskunde met verzamelingenleer en zo veel interessanter dan natuurkunde. Natuurkunde was voor mij een crime, vooral omdat ik er geen structuur in kon ontdekken. Je moest allerlei feitjes onthouden zonder enige logica, alles maar op gezag aannemen en heel veel en snel rekenwerk verrichten, waar ik toen en nog steeds heel slecht in ben. Wiskunde vond ik van het begin af aan

ontzettend leuk, fantastisch om te zien hoe alles uit verzamelingen kan worden opgebouwd, open en gesloten verzamelingen, de stellingen van Gödel enz.

Wel had ik van het begin af aan het gevoel dat ik een toegepast wiskundige moest worden, dat het over de werkelijkheid moest gaan. Zuivere wiskundigen gaan in de groepentheorie en, heel anders dan ik, zijn ze goed in het manipuleren van formules en houden van schaken. Ook trouwens van Bach, die ik pas veel later ben gaan waarderen. In het eerste jaar snapte ik nog niks van kansrekening. Maar in het tweede jaar kreeg ik college statistiek en daar zat zelfs filosofie in, bijvoorbeeld dat de keuze van α bij statistische toetsing in veel situaties een morele keuze is. Dat heeft met de werkelijkheid, met het leven te maken. In het tweede jaar kreeg ik bovendien college over stochastische processen van David Kendall, een goede kennis van Kolmogorov. Pas toen was ik verkocht voor kansrekening, omdat die over ontwikkeling in de tijd, iets van vlees en bloed, blijkt te gaan. Voor ik ging studeren had ik een jaar op een kleine afdeling bij Rank-Hovis-McDougal gewerkt, waar ze zich op zijn Fisheriaans met variantie-analyse van veldexperimenten met granen bezighielden. Dat toegepaste werk sprak me bijzonder aan. Toen ik dan ook in 1972 na drie jaar Cambridge *bachelor of arts* was, besloot ik om nog een jaar extra te doen en het *diploma of statistics* (een soort toegepast *master's degree*) te halen. Daarmee hoopte ik, min of meer zoals van mijn vader, in een bedrijfsmatige setting toegepast wetenschappelijk werk te kunnen gaan verrichten.

Intussen werkte mijn vader voor WAVIN, een Shell-dochter met fabrieken onder meer in het Nederlandse Hardenberg, waar ze plastic buizen fabriceerden, en daar ontmoette hij mijn toekomstige schoonvader. Onze gezinnen met beide zes kinderen van ongeveer dezelfde leeftijd raakten bevriend. De oudste dochter was gek op de Beatles en dan in het bijzonder op George Harrison. Op

haar vijftiende, toen ik ook vijftien was, kwam zij voor het eerst bij ons in Engeland logeren, om George Harrison te ontmoeten en niet alleen dat. Toen ik in 1974 afstudeerde, was zij nog maar halverwege haar studie geschiedenis in Utrecht en besloot ik in Nederland te gaan solliciteren. Ik kreeg aanbiedingen van ICI en Shell maar Peter Whittle, hoofd van het statistisch laboratorium waar ik mijn diploma had gehaald, spoorde me aan om contact te zoeken met hoogleraren statistiek. Ik bezocht Leppink - twee verdiepingen lager hier in Utrecht - en Hemelrijk op het Mathematisch Centrum (het latere CWI) in Amsterdam. Dat laatste was het meest interessant, omdat het een van de weinige plaatsen in Nederland was waar aan statistische consultatie met allerlei toepassingen werd gedaan. Ik was er dan ook erg mee ingenomen dat Hemelrijk me een baan aanbood. Ik waardeerde het zeer dat hij mij, zoals hij het uitdrukte, meteen in het diepe van de consultatie gooide. Ik moest met enkele tamelijk eigenzinnige econometristen de kostenstructuur van het Nederlandse ziekenhuiswezen onderzoeken, een voor mij totaal onbekend terrein. Ja, door mijn vrouw ben ik dus in de Nederlandse statistiek terecht gekomen.

Er wordt wel beweerd dat de statistiek in de Angelsaksische landen veel sterker leeft en veel beter in de samenleving is geïntegreerd dan in Nederland, onder meer omdat het vak in die landen veel eerder tot ontwikkeling is gekomen. Ben jij het daarmee eens? Ja, daar ben ik het volmondig mee eens, maar die opvatting behoeft wel enige nadere inkleuring. De statistiek heeft het inderdaad gemaakt in de Engelse maatschappij met mensen als Adrian Smith en Sir David Cox, die regelmatig worden gevraagd belangrijke adviezen aan de regering te geven. Een groot gedeelte van die statistiek heeft echter weinig respect voor de wiskunde. De lange Engelse statistische traditie, die al teruggaat tot mensen als Florence Nightingale, komt niet of nauwelijks voort uit de wiskunde. Er is zo'n gevoel

dat het *ungentlemanly* is om van alles te willen bewijzen met van die δ 's en ϵ 's en andere continentale flauwe kul. Engeland heeft een sterke cultuur van toegepaste wiskunde, die veel toegepast is dan wat wij hier onder toegepaste wiskunde verstaan. Fisher bijvoorbeeld was wel een goed wiskundige - of had dat kunnen zijn - maar hij werkte niet in die traditie. Fisher en zijn vrienden wisten dat er zogenoemde superefficiënte schatters waren die zijn stelling dat de maximum likelihood schatter efficiënt was onderuit haalden. Maar dat mocht niet bekend worden, dat zou eenvoudige mensen die zijn geniale statistiek moesten toepassen, maar in de war brengen. Fisher deed wiskunde op een hoger plan, waar wiskundige waarheid niet meer telt, eigenlijk zoals natuurkundigen dat ook doen met de natuur als ultiem criterium.

Ik vind dat men in Engeland veel langer, creatiever en met meer durf aan de statistische methodologie heeft gewerkt, maar zonder veel gehinderd te worden door wiskundige correctheid of bereidheid van wiskundige inzichten gebruik te maken. Op den duur leidt dat tot rampen en verarming. En dat zie je des te sterker, nu de Bayesianen zo in opkomst zijn. Je hoeft de theorie niet meer te beheersen, omdat het alleen maar om uitrekenen gaat, meestal door simulatie. Een van de weinige plaatsen in Engeland met waardering voor de mathematische statistiek is Cambridge, waar Ted Harding, David Kendall en Peter Whittle mijn leermeesters waren. Zij doceerden binnen dat wiskundig milieu met een juiste balans tussen toepassingsoriëntatie en wiskundige correctheid die ik later nog sterker in de Scandinavische landen heb ervaren.

In Nederland heb je, evenals trouwens in Duitsland, te lang een tweedeling gehad tussen de mensen die stellingen zaten te bewijzen en met arrogantie naar die andere groep mensen in de statistische praktijk keken, die die moeilijke wiskunde niet konden volgen. Op dit moment is

er in Nederland een betere wisselwerking, communicatie en vloeiende overgangen tussen beide groepen, mede bevorderd door mensen als Mokken en Molenaar die in de sociale wetenschappen werkzaam waren maar voortkwamen uit het Mathematisch Centrum. In alle eerlijkheid moet ik zeggen, dat ik me zelf in mijn beginperiode ook behoorlijk onflexibel en dogmatisch heb opgesteld. Ik ging bijvoorbeeld samen met enkele anderen van het Mathematisch Centrum, te weten Jelke Bethlehem, Henk Elffers en Jan Rijvoordt, de sociale wetenschappers vertellen hoe ze factoranalyse moesten doen aan de hand van een lijstje met wat wel en niet mocht: *Voetangels en klemmen in de factoranalyse*. Hierin kwamen we tot de conclusie dat principale componentenanalyse niets was en dat je de modelmatige aanpak van Lawley en Maxwell diende te kiezen, mits je onderzoek tenminste aan honderd strenge eisen voldeed. Factoranalyse was toen zeer in de mode, iedereen die toen in de sociale wetenschappen promoveerde moest wel zo ongeveer factoranalyse doen.

Hoe kwam je ertoe om je met kwantumstatistiek bezig te gaan houden?

Een van mijn problemen, die mede tot enkele behoorlijk depressieve perioden in mijn leven heeft geleid, is dat ik moeilijk nee kan zeggen. Het werk stapelt zich dan op, wat op den duur slopend is, vooral omdat ik de vervelende dingen voor me uitschuif om tijd over te houden voor de leuke dingen. Naast het werk voor tijdschriftredacties en voor overlevingsanalyse, waar ik in mijn proefschrift al mee ben begonnen, ging ik me bijvoorbeeld ook serieus bezighouden met beeldanalyse, ruimtelijke analyse, missing data, causale analyse. We leren de studenten dat correlatie geen causaliteit impliceert, maar we worden volgens mij betaald om causaliteit aan te tonen. In de nieuwe causaliteitsbenadering, waarin bijvoorbeeld ook Pearl, Cox en Robbins werken, is het wel degelijk



mogelijk om causaliteit statistisch te formuleren en onder bepaalde voorwaarden aan te tonen. Allemaal dus heel interessante en belangrijke onderwerpen die samen met onderwijs en stressige bestuurstaken niet meer te behappen waren. Als je niets afstoot, dan lukt het gewoon niet meer. Zo'n tien jaar geleden begon ik me steeds minder tevreden te voelen met het werk voor de overlevingsanalyse, waar ik in mijn proefschrift mee was begonnen. Dat vakgebied was bezig steeds rijper te worden. De leuke problemen waren min of meer opgelost en de overblijvende problemen waren taai, moeizamer op te lossen en gaven minder beloning, althans aan mij. Ik kon het vak ook niet meer bijhouden op een voor mij leuke manier. In de tijd dat ik me dat realiseerde, kwam ik met kwantummechanica in contact. Ik ging me verdiepen in die ongelooflijk moeilijke materie van dit voor mij totaal nieuwe gebied en voelde mijn kracht wegglijpen. Ik realiseerde me dat ik me mogelijk in een heilloos avontuur zou storten en mezelf belachelijk zou maken. Misschien kon ik het niet, maar ik had ook geen zin meer om die andere dingen te doen. Dat was een gigantisch dilemma. Maar ik ben ermee doorgegaan en op dit moment bestaat mijn hoofdactiviteit uit het schrijven van een boek over statistiek voor kwantummechanica samen met een Deen en een Engelsman. Hierbij komt overigens alles wat ik ben te weten gekomen over missing

data, causaliteit, asymptotiek (grote steekproefbenaderingen), optimaliteit, stochastische processen en nog veel meer goed van pas, op een haast wonderbaarlijke manier.

Voor ons is de kwantumstatistiek een nogal ingewikkeld onderwerp, ook al omdat een van ons geen natuurkundige achtergrond heeft. Zou je ons en onze lezers in een paar minuten iets over de kern ervan kunnen uitleggen?

Een natuurkundige achtergrond verzorgd door natuurkundigen, daar heb je niet zoveel aan, want natuurkundigen snappen het ook niet. Ik ben overigens een groot adept van Bohr geworden. Ik kom er steeds meer achter dat Bohr in die discussie met Einstein het helemaal bij het goede eind had. Het is wel een soort geloof maar onvermijdelijk. In eerste instantie lijkt Bohrs standpunt niet aantrekkelijk en ook niet consequent maar als je er goed over nadenkt, is het haalbaar, volstrekt consequent, zonder interne strijdigheden en er is gewoon geen andere fatsoenlijke uitweg.

In elk huishouden zijn resultaten van de kwantummechanica te vinden. Zo zit in elke cd-speler een lasertje, een vinding van de kwantummechanica. Ook de chips in onze pc's komen uit de kwantummechanica en ook daar gebeuren allerlei zaken die volgens de klassieke natuurkunde van Galileo tot Einstein niet kunnen. Een electron is een deeltje en zit aan één kant van een barrière, denken we, maar het is tegelijk een golf met een tak van die golf aan de andere kant van de barrière. Interessant is dat het zogenaamde twee-spleten experiment laat zien, dat lichtgolven die door twee spleten worden gevoerd interfereren (elkaar versterken of tegenwerken) en dat die interferentie-beïnvloeding zelfs optreedt als we per minuut of per dag maar een foton laten vertrekken. Ook hier weer deeltjes die zich elk apart op een voor ons volstrekt onbegrijpelijke manier gedragen. Bedekken we een van de spleten, dan verdwijnt het effect onmiddellijk. Nog interessanter is dat dit soort rare verschijnselen niet alleen met fundamentele deeltjes



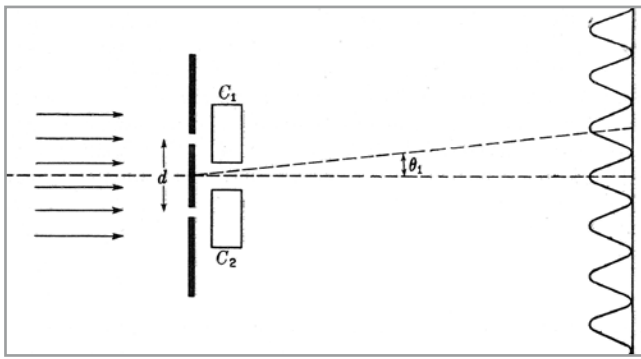
WAPENSCHILD BOHR

De 'Kopenhaagse' interpretatie van de kwantumtheorie, zoals deze is ontwikkeld in de kring rondom Niels Bohr, gaat ervan uit dat het niet belangrijk is of men een verschijnsel door deeltjes of door golven beschrijft. Beide beschrijvingen zijn

valide en slechts elkaars aanvullingen. Zelfs kan men stellen dat er mogelijk een nog diepere waarheid is waarvan beide beschrijvingen slechts een partiële afbeelding zijn. Bohr drukte dit uit met de spreuk 'tegenstellingen zijn complementair'. In 1948 werd Bohr opgenomen in de Orde van de Olifant, de hoogste Deense onderscheiding. Het wapenschild dat hij toen koos toont het yin-yang symbool en de Latijnse tekst 'contraria sunt complementa' van deze spreuk. Het schild hangt in de kapel van kasteel Frederiksborg in Hillerød.

als fotonen en electronen maar tegenwoordig zelfs op het macroscopische niveau van grote moleculen zichtbaar gemaakt kan worden. Dat is gedaan met Bucky-balls (C_{60} -moleculen) door Anton Zeilinger in Wenen. Grote objecten dus die een voor een als een golf door twee gaten tegelijkertijd gaan en elk met zichzelf interfereren.

Nou gebeuren die kwantumverschijnselen in de cd en de chip op het niveau van gigantische aantallen en dan kun je er met de kwantummechanica het deterministisch massagedrag van berekenen. Maar de techniek is steeds beter in staat de kwantumverschijnselen op het niveau van het individuele deeltje te isoleren en zelfs om miljarden deeltjes zover te krijgen dat ze zich samen als een enkel kwantumdeeltje gedragen. Dat laatste doen ze in Delft, met een soort supergekoelde geleiders waar een miljard electronen in rondzweven als één fundamenteel deeltje. Op dat individuele niveau blijkt het om inherent stochastische verschijnselen te gaan, inherent in tegenstelling tot allerlei zogenaamde toevalsmechanis-



DOUBLE-SPLIT

In het befaamde Double-Split experiment van Young wordt licht door twee smalle spleten gestuurd. Hierdoor ontstaat op een scherm achter de spleten een patroon van lichte en donkere strepen. Dit verschijnsel wordt perfect verklaard door versterken en uitdoven (interferentie) van de lichtgolven die door beide spleten vallen. Men kan deze proef ook met electronen doen in plaats van met licht. Ook dan ontstaan deze interferentie-patronen. Dat kan worden verklaard door de electronen niet als deeltjes, maar als golven te beschouwen. Het is mogelijk, zowel met lichtdeeltjes (fotonen) als met electronen, om slechts één deeltje tegelijk te 'versturen', en ook dan ontstaat de interferentie. Maar hoe kan één enkel deeltje door beide spleten tegelijk passeren? Dat is een fundamenteel probleem in de interpretatie van de kwantummechanica.

men, zoals bijvoorbeeld de Brownse beweging, die ook deterministisch te verklaren zijn. Geen van de bekende toevalsmechanismen zijn echt stochastisch van aard met uitzondering van het toeval in de kwantummechanica. Er zijn wel klassieke deterministische verklaringen voor bedacht maar die blijken allemaal, en noodzakelijk, pathologisch van aard te zijn. En dan komen we bij Bohr, die zich terecht afvroeg waarom er zo'n deterministische verklaringslaag achter de kwantumverschijnselen zou moeten zijn.

Toeval in een computer is natuurlijk slecht maar de bizarre mogelijkheid van deeltjes om op twee plaatsen tegelijk te zijn, daar kun je ook gebruik van maken in een nieuwe computerarchitectuur. Een belangrijke doorbraak vond plaats, toen acht jaar geleden Peter Shor van AT&T een programma schreef voor zo'n nog niet bestaande kwantumcomputer, waarmee zeer grote getallen in een mum van tijd gefactoriseerd kunnen worden. Nu is bekend dat de hele internet security,

electronic banking en cryptografie allemaal berusten op het niet in redelijke tijd kunnen factoriseren van grote getallen. Met het kwantumonderzoek op dat niveau van individuele systemen zijn dan ook grote bedragen gemoeid. Heel veel informatici, heel veel natuurkundigen en ook wel wiskundigen houden zich ermee bezig. Maar totaal geen kansrekenaars of statistici, wat merkwaardig is, als het allemaal over toeval gaat en statistiek.

Het terrein zit in feite vol met statistische vraagstellingen. Sommige vragen zijn makkelijk en kunnen door iedere statisticus worden beantwoord. Er zijn ook vragen die makkelijk te stellen zijn en te begrijpen door statistici, maar waar het antwoord veel moeilijker is te vinden. Met mijn promovendus Manuel Ballester uit Cuba ben ik in samenwerking met Francesco De Martini in Rome bezig laboratoriumexperimenten te ontwerpen en te analyseren, die onder meer gebruik maken van Manuels ontdekking dat je door de kwantummechanische 'verstrengeling' (een soort onmogelijke correlaties) tussen deeltjes uit te buiten in bepaalde situaties drie keer zoveel informatie over de parameters van het kanstheoretisch model uit kunt melken. Dat betekent dat je het experiment in een derde van de tijd kunt uitvoeren die anders noodzakelijk zou zijn. Dit is natuurlijk maar een van de mogelijke onderwerpen. De kwantumstatistiek kan naar mijn stellige overtuiging de komende decennia voor veel statistici een interessant en zelfs lucratief onderzoeksterrein vormen.

*HAN OUD heeft als methodoloog-statisticus in de functie van UHD een parttime aanstelling bij Orthopedagogiek aan de KU Nijmegen en is daarnaast werkzaam bij Monitoring Systems Consult in Nijmegen.
E-mail <j.oud@ped.kun.nl>.*

*GERRIT STEMERDINK werkt sinds 1994 als vrijwilliger bij het International Statistical Institute. Daarvoor was hij onder meer hoofd Toepassingen bij het Rekencentrum van de Universiteit Wageningen en chef Sector Technische Ondersteuning bij het CWI.
E-mail <gjstemerding@hotmail.com>.*



Leugens, verdraaide leugens, statistiek en ... **MISDAADSTATISTIEK**

Als je vertelt dat je statisticus bent op het Nederlands Studiecentrum Criminologie en Rechtshandhaving NSCR, en daar onderzoek doet naar spreiding en verplaatsing van criminaliteit, dan roept dat bij vakgenoten en buitenstaanders geheel andere gedachten op. Statistische vakgenoten denken dan al gauw aan ruimtelijke statistische modellen, zoals multilevel-modellen of modellen met ruimtelijke autocorrelatie. Buitenstaanders denken aan tellen en turven van misdrijven. Beide groepen hebben gelijk.

HENK ELFFERS

Er zijn in de criminologie veel voorbeelden van verfijnde statistische modellen, die misdaadcijfers relateren aan allerlei omstandigheden. Tal van verklarende variabelen passeren in zulk werk de revue, geïnspireerd door een veelheid aan theoretische stromingen. Bevolkingssamenstelling van wijken, maatschappelijke omstandigheden, politie-inzet, cameratoezicht, woonplaatsen van eerder veroordeelde daders, het is een greep uit de talloze indicatoren die in de criminologie op hun

relatie met het voorkomen van misdaad worden bestudeerd. Maar, en daar blijkt de intuïtie van die buitenstaanders heel juist, je kunt alleen zinvol met zulke modellen werken als de gegevens waarop analyses worden gebaseerd van voldoende kwaliteit zijn: vóór het analyseren zal er eerst voldoende nauwkeurig geteld en geturfd moeten zijn. Naast het uiteraard altijd populaire verzamelen van data voor een specifieke studie, wordt er in de criminologie op grote schaal gebruik

gemaakt van officiële databronnen zoals de misdaadcijfers die het CBS verzamelt op basis van door de politie aangeleverde cijfers en van de uitkomsten van de grootschalige slachtofferenquêtes zoals onder andere verzameld in het kader van de Politiemonitor. En juist bij die data kunnen grote vraagtekens ten aanzien van hun precieze betekenis worden geplaatst. In menig statistiekboek wordt de term statistiek in verband gebracht met de leer van de gegevens aangaande het functioneren van de staat. Het is dan ook geen wonder dat criminele statistiek tot de oudste vormen van statistiek behoort: van oudsher immers wordt de staat een functie toegedacht bij het voorkomen, bestrijden en bestraffen van misdaad, en dat gold zeker in de negentiende eeuw, toen het begrip statistiek geboren werd. Het mag dan ook een wonder heten dat de toenmalige Engelse staatsman Disraeli, aan wie het *'lies, damned lies, and statistics'* wordt toegeschreven, daar niet als overtreffende trap 'misdadstatistiek' aan toevoegde, zoals in de titel van dit stuk. Want als er nu één soort cijfers is waarbij vraagtekens passen, dan zijn het wel misdadstatistieken, waarmee ik hier gegevens over het vóórkomen van misdrijven bedoel. Hoe komt dat eigenlijk?

Neutrale en verheimelijkte data

Laten we eerst eens kijken naar andere 'staats'-statistieken, waarvan wordt aangenomen dat die redelijk betrouwbaar zijn, zoals – twee willekeurige voorbeelden – het aantal geboorten, of de tonnage van de Nederlandse binnenvaart. Wat is eigenlijk het verschil tussen zulke algemene gegevens en gegevens over het voorkomen van misdrijven? In Nederland geldt dat degenen die 'neutrale' gegevens verzamelen nagenoeg geen invloed hebben op het al of niet boven water komen van de gegevens. Wie een kind krijgt heeft goede redenen om zich naar de burgerlijke stand te spoeden, en het registreren van de geboorten gebeurt daar, ongeacht of er nou veel of weinig kinderen worden

geboren om redenen die de burgerlijke stand zelf aangaan. Het feit dat zulke gegevens uiteindelijk ook voor het CBS interessant zijn is bijzaak. Bij een geval als de tonnage van de handelsvloot ligt dat wel iets anders, omdat de scheepseigenaren het allicht wel een belasting vinden om de door het CBS gevraagde gegevens op te geven, maar los van die administratieve last zijn er weinig belemmeringen. De eigenaren zijn perfect op de hoogte van de tonnage onder hun beheer, en zij hebben er geen belang bij de gegevens achter te houden. Het CBS tenslotte is voldoende geëquipeerd om de ingezonden gegevens te verwerken.

Bij misdadstatistieken ligt dat heel anders. Heimelijkheid is immers een wezenskenmerk van misdaad, en degenen die een misdaad plegen voelen zich daarom allerm minst geroepen om wie dan ook daarover te informeren. En dat impliceert dan dat anderen het gebeuren van een misdaad moeten observeren om het te kunnen rapporteren. De 'anderen' om wie het dan gaat zijn meestal ofwel de benadeelden (slachtoffers) van een misdaad, ofwel professionele misdadbesteders, zoals politie en justitie. En daarin ligt een belangrijke reden voor mogelijke discrepantie tussen wat feitelijk gebeurt en wat de statistieken haalt.

De keten van misdaad tot registratie

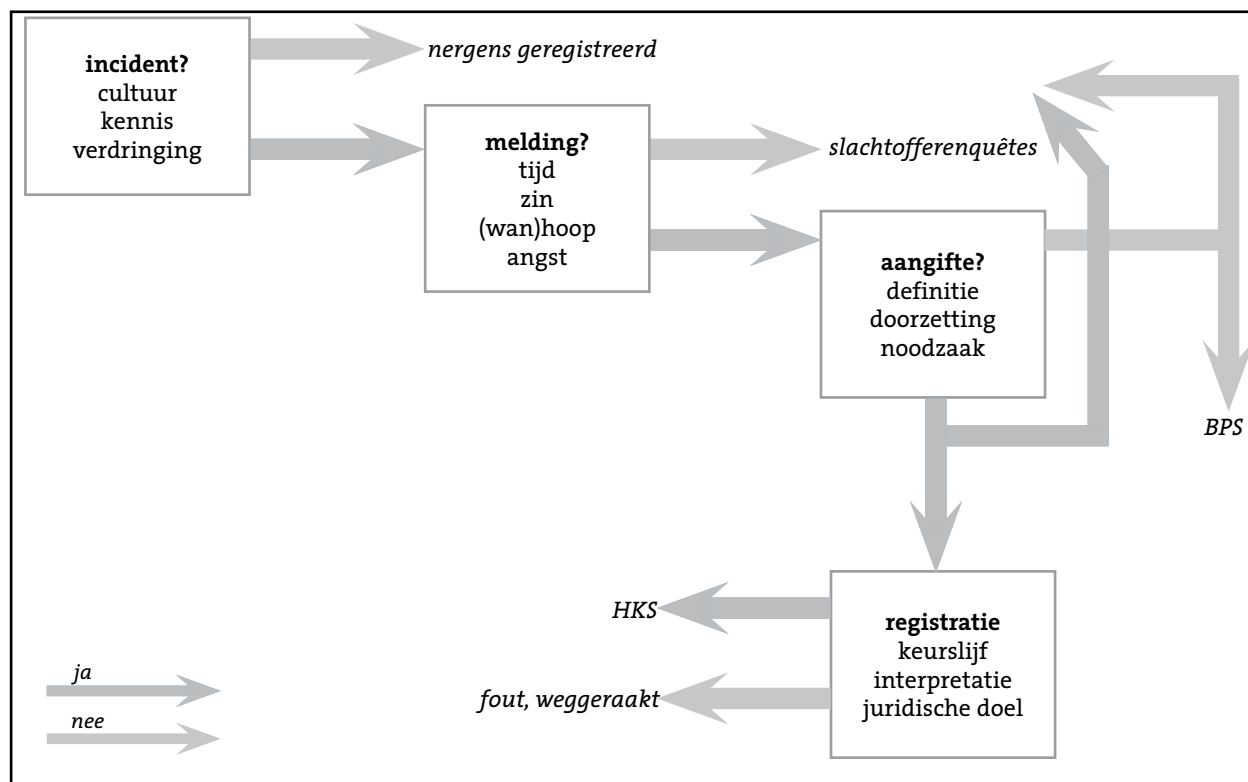
Wat is de rol van de politie bij het registreren van misdrijven? Dat kan op tweeërlei manier tot stand komen: enerzijds doordat burgers – meestal slachtoffers van een misdrijf – aangifte doen bij de politie, anderzijds doordat de politie zonder tussenkomst van een aangifte kennis krijgt van een misdrijf, bijvoorbeeld doordat surveillerende agenten een dader op heterdaad betrappen. Ik zal eerst de gang van misdaad tot registratie bespreken wanneer er een meldende burger aan te pas komt en daarna ingaan op het geval waarbij de politie eigener beweging kennis krijgt van een misdrijf. Aangifte doen wil zeggen dat iemand zich naar een politiebureau begeeft, aldaar melding maakt

van een incident en dat dit relaas door de dienstdoende politiefunctionaris genoteerd wordt als aangifte, hetgeen door de aangever moet worden bekrachtigd met zijn handtekening. Tussen het gebeuren van een misdrijf en het registreren door een politiefunctionaris kan van alles gebeuren dat tot effect heeft dat een dergelijk misdrijf niet of anders wordt geregistreerd dan een criminoloog graag zou zien. Figuur 1 geeft schematisch de informatiestroom van misdaad tot registratie weer.

Perceptie

Laten we eens aannemen dat er een misdrijf plaatsvindt. De eerste stap in het proces is dat er iemand deze gebeurtenis moet opmerken en benoemen als een misdaad. Uiteraard zijn er veel misdrijven die onopgemerkt blijven. Als een langsfietsende toerist een appel plukt uit een boomgaard, terwijl niemand dat ziet, is er objectief wel sprake van een misdrijf, maar omdat nie-

mand buiten de dader dat opmerkt - tuinders tellen hun appels aan de boom immers niet - zal dit misdrijf nimmer geregistreerd worden. Ook op grotere schaal komen zulke zaken voor, bijvoorbeeld door geknoei met de voorraadadministratie door de administrateur zelf. Maar zelfs als iemand het gebeuren als zodanig opmerkt, is het nog geenszins zeker dat hij of zij dat als een geval van misdaad percipieert. Daargelaten dat de strafrechtelijke status van sommige gebeurtenissen soms ook juridisch niet helemaal duidelijk zou kunnen zijn, is het in ieder geval zo dat sommige mensen sommige daden niet als misdaden ervaren. Dat wordt goed zichtbaar als men de veranderende collectieve ervaring door de jaren heen volgt. Daden die mogelijkerwijs altijd wel strafbaar gesteld zijn kunnen door de jaren heen als meer of als minder in het bereik van het strafrecht worden ervaren. Goede voorbeelden daarvan zijn handel met voorkennis (decennia geleden beschouwd als een natuurlijk voordeel van het hebben van een insi-



Figuur 1: Informatiestroom tussen misdrijf en registratie.

derspositie, thans afgeschilderd als schandelijk uitbuiten van die positie), of huiselijk geweld (lang ervaren als een betreurenswaardig bijverschijnsel van intieme relaties dat alleen de betrokkenen privé aangaat, thans veelal gezien als misdrijf). Omgekeerd zijn er zaken die vroeger zeker als misdrijven werden ervaren die dat thans juridisch niet meer zijn, ofwel niet meer als zodanig worden gepercipieerd (bijvoorbeeld het in voorraad hebben van pornoblaadjes). Ook wat de Duitsers *Kavalier-Delikte* noemen (zoals kleinschalige belastingontduiking, dronkenschap, snelheidsovertredingen) vallen onder deze uitsluiting: mensen weten dat het eigenlijk niet door de beugel kan, maar zijn geneigd er hun ogen voor te sluiten. Een bijzonder geval is wanneer slachtoffers of omstanders een gebeuren niet willen zien en het verdringen, omdat het hun hele sociale inbedding bedreigt. Dat is bijvoorbeeld wel eens het geval bij kindermishandeling. De mate waarin perceptie van incidenten als misdrijven plaatsvindt is – naar wij aannemen – afhankelijk van 's mensens sociale positie en cultuur, en het verandert onder invloed van algemene afkeuring in de spraakmakende maatschappij. Dat betekent dat alleen al op deze gronden historische vergelijking van misdaadcijfers problematisch is. Tenslotte is het goed mogelijk dat sommige gevallen van misdrijven bij gebrek aan kennis door betrokkenen niet worden herkend. Dat kan bijvoorbeeld bij gevallen van oplichting voorkomen. Onduidelijk is ten enen male welk deel van 'objectief' voorkomende misdrijven niet wordt herkend en gepercipieerd als misdrijf, noch weten wij hoe sterk dit verschilt tussen typen misdrijven.

Melding

De volgende stap in het aangifteproces is dat iemand die een misdrijf als zodanig heeft herkend het aan de politie moet gaan vertellen. Er kunnen allerlei redenen zijn waarom mensen daar van afzien. Denk aan: het geringe belang van het mis-

drijf, eigen betrokkenheid, angst voor represailles, wanhoop dat het allemaal toch niks uitmaakt, wantrouwen in de politie of de gedachte dat de politie er toch niets mee kan of wil doen, weersin tegen de tijdsinvestering om aangifte te gaan doen. Iedere Nederlander zal zich persoonlijk de afweging om de diefstal van een fiets te gaan aangeven voor de geest kunnen halen. Uit slachtoffer-enquêtes zijn schattingen gemaakt dat minder dan de helft van de als misdrijf gepercipieerde gebeurtenissen wordt gemeld. Het percentage verschilt sterk naar delicttype (autodiefstal wordt bijna altijd gemeld, bedreiging slechts in een van de vijf gevallen). De voornaamste reden om niet naar de politie te gaan is dat men er weinig fiducia in heeft dat die de zaak oplost. Er is echter nagenoeg geen onderzoek gedaan naar hoe individuele aangevers tot het besluit komen om wel of geen aangifte te doen.

Aangifte en registratie

De derde schakel in de keten is wat er gebeurt op het politiebureau: iemand komt binnen met een verhaal over een door hem als misdadig herkend incident, en vertelt dat aan de balie van het bureau tegen een agent. Die agent staat voor de keus deze melding al of niet als het doen van een aangifte te behandelen, dan wel het af te doen als een melding zonder meer, een verzoek om hulp of bemiddeling, of het afwimpelen als een zaak die de politie niet aangaat. Uiteraard heeft de politie procedures ontwikkeld over hoe om te gaan met mensen aan de balie, en zijn agenten getraind om dat werk te doen. Dat neemt niet weg dat de situatie vaak niet erg duidelijk zal zijn, mensen zelf niet goed weten wat ze willen, er een verschil in taal bestaat tussen de gesprekspartners en dat agenten proberen meldingen snel in te delen in juridisch relevante categorieën, categorieën die voor de melders niet zelden onduidelijk zijn. De meeste mensen begrijpen de vraag 'Wilt u aangifte doen?' eigenlijk niet ('Dat doe ik toch al?') en

overzien de implicaties van klasseringen niet (Agent: 'Dat is een zaak voor de civiele rechter'. Melder begrijpt niet dat de agent hem afpoeiert, maar reageert dankbaar: 'Ik ben blij dat u dat ook zo ziet'). Bij dit soort zaken hangt het sterk af van de individuele beoordeling door de betrokken politiefunctionaris hoe hij een melding transformeert in een aangifte, waarbij hij de gebeurtenis in een in zijn ogen passende juridische categorie onderbrengt. Voor de misdaadregistratie zal het incident voor de eeuwigheid in die categorie blijven, ook als later door politieonderzoek blijkt dat het gebeurde veel beter in een andere categorie zou kunnen worden ondergebracht. Een poging tot toebrengen van zwaar lichamelijk geweld, zoals gedestilleerd uit het gesprek tijdens de aangifte, blijft als zodanig in het systeem zitten, ook als na onderzoek blijkt dat er eigenlijk niet meer aan de hand was dan wat duw- en trekwerk in een café, en omgekeerd geldt dat net zo. Kern van de zaak is dat de transformatie die plaatsvindt gedurende de melding en aangifte op het politiebureau beduidend kan zijn, op een manier waar we weinig over weten en die de correspondentie tussen de incidenten die burgers komen melden en de uiteindelijk in de politieregistratie terechtkomende vermeldingen verzwakt. Bij een deel van de politiekorpsen wordt bovendien de feitelijke registratie in de politiegegevens van het zogeheten Herkenningsdienstsysteem HKS niet door de aangifte opnemende agent zelf gedaan, maar door een speciale datatypist. Uiteraard moeten door deze functionaris vaak weer beslissingen worden genomen hoe de aangiften worden verwerkt, omdat het databaseformaat een keurslijf oplegt dat niet ontworpen is met het oog op misdaadstatistieken, maar met het oog op waarvoor het systeem dient: de politie ten dienste staan bij opsporingswerk. Op grond van de HKS-cijfers worden de criminele statistieken samengesteld. Wanneer een agent een melding niet als een aangifte opvat, zal er in het algemeen wel een spoor van terug te vinden zijn

in het interne registratiesysteem van de politie (het BPS, bedrijfsprocessensysteem), maar de gegevens daaruit halen de officiële statistiek niet.

Registratie op politie-initiatief

Er is nog een andere manier waarop incidenten de registratie kunnen halen: doordat de politie zelf, zonder tussenkomst van een aangifte doende burger, een geval van criminaliteit op het spoor komt. Voor 'slachtofferloze delicten' (zoals belastingfraude, of verkeersmisdrijven zonder slachtoffers, zoals door rood rijden) is dat zelfs bijna de enige mogelijkheid, omdat aangifte in grote meerderheid door de slachtoffers / benadeelden van een misdrijf wordt gedaan. Dat kan omdat de politie dat 'toevallig' ziet, of omdat de politie zich speciaal inspant om een bepaald soort misdrijven op het spoor te komen, bijvoorbeeld door speciale aandacht te besteden aan autokraken, of aan woninginbraken, of aan ... Vanuit opsporingsperspectief is dat natuurlijk alleen maar toe te juichen, maar het feit dat de politie nu eens hieraan, dan weer daaraan extra aandacht besteedt is voor de mate waarin de politieregistratie een afspiegeling is van het voorkomen van misdrijven erg lastig. Enigszins gechargeerd gezegd zijn daardoor misdaadstatistieken beter te beschouwen als politie-inzetstatistieken. Daarbij is het bovendien lastig te achterhalen of er sprake is geweest van verhoogde aandacht, daar bij het ene korps of district in een bepaalde periode weer andere prioriteiten worden gekozen dan bij het andere, en er nauwelijks zicht op is welke prioriteiten feitelijk tot verscherpte opsporing hebben geleid.

Ook als we proberen in de misdaadstatistiek meer op te nemen dan alleen maar het vóórkomen van misdrijven komt politie-inzet als een belangrijke invloed naar voren. Wanneer we bijvoorbeeld gegevens over daders zouden willen bekijken, lopen we onmiddellijk tegen het feit aan dat slechts een bescheiden deel van de misdrijven wordt opgelost: afhankelijk van het type delict de



meerderheid (voor moord en doodslag) tot minder dan 10% (voor woninginbraak). Het ligt voor de hand dat hierbij, naast de inherente moeilijkheidsgraad van diverse delicten, wederom de mate van inspanning door de politie een belangrijke determinant is. Anderzijds is het ook zo dat menig delict wel wordt opgelost, maar niet als

zodanig in de statistieken verschijnt. Dat is nogal eens het geval als een verdachte is aangehouden voor een bepaald delict, en tijdens zijn verhoor en passant nog meer delicten bekend. Zijn dat er heel veel ('schoon schip maken') dan is het opsporingsbelang al spoedig miniem. Voor de Officier van Justitie zal het er – bij het bestaande beleid – weinig toe doen of iemand voor vier of voor twintig inbraken kan worden vervolgd: diefstal met braak, meermalen gepleegd, wordt ten laste gelegd. Er is daarom voor de verhorende politiemensen weinig mee te winnen om omstandig in te gaan op al die individuele zaken, te meer daar het in zulke gevallen vaak om veelplegers gaat die zich niet alle details van hun carrière aan wandaden goed herinneren. In zo'n geval blijven die delicten waarvan de dader dus in principe wel bekend is geworden of zou kunnen worden, in de registratie als onopgelost staan. Het is onduidelijk hoe sterk deze vertekening doorwerkt.

Slachtofferenquêtes

Alles bij elkaar is het overduidelijk dat de misdaadstatistieken zoals afgeleid uit de politieregistratie een nogal onduidelijke relatie onderhouden met het feitelijk voorkomen van misdrijven. In de afge-

lopen decennia is er daarom een sterke trend geweest het voorkomen van misdrijven te benaderen via een andere weg, de slachtofferenquêtes. Het gaat daarbij om grootschalige onderzoeken waarin de ondervraagde wordt verzocht te rapporteren of hij in een bepaalde periode slachtoffer (benadeelde) is geweest van een bepaald misdrijf, en of hij dat heeft gemeld en aangegeven bij de politie. Zo wordt tertiair voor Binnenlandse Zaken de Politie-monitor afgenomen, onder tienduizenden Nederlanders, het CBS stelt slachtoffervragen in het periodieke POLS-onderzoek, en in internationaal verband wordt regelmatig de ICVS (International Crime Victimization Survey) afgenomen. Gegevens uit slachtofferenquêtes zijn niet gevoelig voor het probleem van de variërende politie-inzet, van de meldingsbereidheid van de betrokkenen, en van de mate waarin agenten gerapporteerde incidenten als aangiften behandelen. Dat betekent echter allermindst dat zulke gegevens ons probleem volledig oplossen, want ook aan slachtofferenquêtegegevens kleven allerlei nadelen. Het perceptieprobleem (ziet iemand een gebeurtenis als een misdrijf?) blijft onverminderd aanwezig, en slachtofferonderzoek heeft ook zijn eigen eigenaardigheden. Uit slachtofferenquêtes komt regelmatig naar voren dat slechts een minderheid van slachtofferschap ook in een aangifte tot uiting komt, voor sommige typen delicten slechts een miniem deel. Dat is erg weinig, zo weinig dat men zich, speciaal als het gaat om ernstige misdrijven, moet afvragen hoe deugdelijk dit soort gegevens eigenlijk is. Voor de hand ligt dat een aantal processen een rol speelt: geheugenproblemen (wanneer vond een incident precies plaats? kan men zich incidenten überhaupt herinneren), categoriseringsproblemen (valt een incident zoals de respondent dat wil rapporteren wel onder de omschrijving van de onderzoeker), overname (een incident dat aan de partner van de respondent is overkomen wordt als eigen incident gerapporteerd), manipulatie ('ik zal eens even laten

blijken dat ik helemaal niet tevreden ben met het veiligheidsbeleid'). Bovendien hebben slachtofferenquêtes nogal last van selectieve non-respons (zo worden allochtonen slecht bereikt), terwijl uiteraard het aantal misdrijven dat aan een respondent wordt voorgelegd beperkt blijft, zodat over bepaalde type misdrijven helemaal geen informatie beschikbaar komt.

Kwaliteitsonderzoek nodig

Enigszins paradoxaal geldt dat er ongelooflijk veel misdaadgegevens ter beschikking zijn, voor welke vergaring jaarlijks zeer veel geld wordt uitgegeven, terwijl er onvoldoende duidelijkheid is over hun kwaliteit, of, scherper gezegd, is er gerede twijfel aan hun kwaliteit. Veel van de vertekeningprocessen die een rol spelen zijn onvermijdelijk, maar van een verantwoord opererende statisticus mag worden verwacht dat hij zich inzet voor de kwantificering van de aldus gegenereerde onzekerheid, die in het algemeen veel groter zal zijn dan de wel onder controle gehouden steekproefvariatie. Wij statistici discussiëren wat graag over de zuiverheid of efficiency van een schatter, maar hebben weinig oog voor de vraag of de populatie waaruit een steekproef is getrokken eigenlijk wel de populatie is die men op het oog behoort te hebben. Dat is nogal kortzichtig. Door dit gebrek aan aandacht voor structurele vertekening van de gegevens zijn er nu nauwelijks gegevens over die vertekeningensgraad, zeker niet in ons geval van misdaadgegevens. Dat maakt het enigszins lachwekkend om op grote schaal verfijnde statistische modellen in te zetten om uit die gegevens conclusies te trekken. Ik wil niet beweren dat er helemaal niks met die data te doen is, voor vergelijkende doeleinden waar men mag aannemen dat de vertekeningensgraad tussen de vergelijkingspunten niet teveel zal verschillen zijn ze vaak erg nuttig. Toch wil ik ervoor pleiten te ijveren een gedeelte van de reusachtige fondsen die aan dataverzameling worden uitgegeven in te zetten om

een helderder beeld van de kwaliteit van de verzamelde data en de vertekeningensgraad te krijgen. Dat vereist separaat onderzoek, naar de mate waarin perceptie, meldingsbereidheid, en transformatie tijdens aangifte plaatsvindt, en bij de slachtofferenquêtes naar de wijze waarop respondenten vragen interpreteren en beantwoorden. Zulk onderzoek kan alleen geschieden door het benaderen, observeren en ondervragen van betrokkenen, aan de kant van burgers en politiefunctionarissen, mogelijk ook met scenariostudies. Ten aanzien van de slachtofferenquêtes kan worden gedacht aan onderzoek in een cognitieve laboratoriumsetting. Zulk onderzoek is duur, verstoort mogelijkerwijs de rust, is weinig populair bij subsidiërende instanties (die het vreemd genoeg 'academisch' vinden), maar het moet wel gedaan worden, allicht ten koste van de omvang van de eigenlijke dataverzameling. Misschien kan dan de titel van dit artikelje weer worden ingekort tot de klassieke drieslag.

Verdraaide leugens? Dat laat je je toch niet zeggen? Veel van wat ik naar voren heb gebracht ten aanzien van de onbekende vertekeningensgraad van misdaadstatistiek geldt trouwens, mutatis mutandis, ook voor veel andere gebieden waarop statistische gegevens worden verzameld. Oók daar is een dringende behoefte aan een kwantificering van de vertekeningensgraad. Statistici doen vaak wat lacherig over Disraëli's uitspraak, maar zou het niet eens tijd worden om er ons een beetje voor te schamen? 'Leugens, verdraaide leugens, statistiek' zou moeten worden vervangen door 'Twijfels, gekwantificeerde onzekerheden, statistiek'. Toegegeven, het bekt niet zo goed als het origineel, maar zou het niet het motto van ons vakgebied moeten zijn?

HENK ELFFERS is themacoördinator Mobiliteit en Spreiding van Criminaliteit op het Nederlands Studiecentrum Criminaliteit en Rechtshandhaving NSCR, Leiden <www.nscr.nl>. E-mail <elffers@nscr.nl>.

Rechtszaken en Godsbewijzen

FRED STEUTEL

Het gebruik van kansrekening en statistiek bij gerechtelijk en forensisch onderzoek is geregeld in het nieuws. De krantenberichten laten wel zien dat er gerekend wordt, maar het is meestal niet duidelijk wat er precies gebeurt, wat de modellen zijn en wat de veronderstellingen. Gaat het in wezen over statistische toetsen? Kunnen we het oordeel in een rechtszaak, en zelfs een 'godsbewijs', opvatten als de uitkomst van een toets voor een hypothese?

Statistiek en rechtspraak.

Gebruik van de statistiek bij de rechtspraak is in opmars. Het is voor een buitenstaander niet altijd helder wat er daarbij aan de orde is. In het proces tegen Lucy de B. is gebruik gemaakt van kansrekening. Statisticus dr. Henk Elffers (Nederlands Studiecentrum Criminaliteit en Rechtshandhaving) heeft volgens een krantenbericht de kans uitgerekend dat 'een verpleegkundige bij toeval net zoveel incidenten zou meemaken als de verdachte'; uitkomst: kleiner dan 1 op 342 miljoen. Het was uit het bericht niet duidelijk wat 'kans bij toeval' betekent, en ook niet welke kans (de kans op wat) is uitgerekend. Het is verleidelijk om 'de kans dat bij toeval' op te vatten als de kans onder de aan-

name dat Lucy onschuldig is, en het geding te beschouwen als een statistische toets: Neem aan, 'nulhypothese' H , dat Lucy de B. onschuldig is en bereken onder die hypothese de kans dat zij de bovengenoemde 'incidenten' of nog meer heeft meegemaakt. Is deze kans (heel) klein, dan wordt H verworpen en Lucy schuldig verklaard.

Naar aanleiding van een opmerking van mij in deze trant in *Nieuw Archief voor Wiskunde* (5/4 nr.2, 2003) had ik contact met Henk Elffers. Zijn nulhypothese was natuurlijk niet 'Lucy de B. Is onschuldig'; daar kun je niet mee rekenen. De door hem getoetste hypothese hield in dat de 27 verpleegsters waar de B. deel van uit maakte niet wezenlijk van elkaar verschilden. Vervolgens werd met behulp van combinatorische methoden de kans uitgerekend dat minstens één van de 27 verpleegsters (minstens) zoveel incidenten zou meemaken als de B. had meegemaakt. De nulhypothese werd verworpen, en de conclusie was dat Lucy de B. zich, wat betreft de aantallen meegemaakte incidenten, van de overige 26 verpleegsters onderscheidt, niet dat zij schuldig is. De rechter beschouwde de statistische uitkomsten niet als een bewijs van de B.'s schuld, maar heeft ze in zijn oordeel wel meegewogen.

Een enigszins soortgelijke situatie treedt op bij een speciaal soort *godsbewijzen*. Deze ‘bewijzen’ waren lange tijd belangrijk, en werden (soms) heel serieus genomen. Ter inleiding het volgende. Het kortste ‘godsbewijs’ is van de wiskundige Leonard Euler (1707-1783): ‘*Monsieur, $(a + b^n)/n = x$, donc Dieu existe*’. De *Monsieur* in kwestie was de encyclopedist Diderot, die niets van wiskunde begreep en bedremmeld afdroop.

Een niet wiskundig, maar misschien toch enigszins empirisch-statistisch godsbewijs wil ik u niet onthouden. Het is van Gerard Reve uit *Brieven aan geschoolde arbeiders*: ‘Er moet wel een God zijn; er is tenslotte ook politie; anders werden we in ons bed vermoord’. Het zal u misschien niet overtuigen.

God dobbelt niet.

Een statistisch godsbewijs ziet er ongeveer als volgt uit. Ga uit van de hypothese, zeg $\bar{G}$, dat God *niet* bestaat. Neem iets bijzonders waar, bijvoorbeeld het ontstaan van een levende cel of een menselijk oog, en reken de kans uit dat dit gebeurd is onder hypothese $\bar{G}$. Verwerp $\bar{G}$, als de gevonden kans heel klein is. Logischerwijs betekent verwerpen van $\bar{G}$ dat we moeten aannemen dat God bestaat.

Hoe je de kans op het ontstaan van een cel zou kunnen uitrekenen is niet duidelijk. Het is ook niet duidelijk waardoor je de onhanteerbare hypothese ‘God bestaat niet’ zou moeten vervangen; er is geen bruikbaar alternatief zoals in het geval Lucy de B.

Kansrekenaar Ronald Meester, hoogleraar aan de Vrije Universiteit Amsterdam, worstelt met dit probleem in zijn intreerede ‘Zin en onzin in de waarschijnlijkheidsrekening’ (*Nieuw Archief voor wiskunde* 5/1 nr. 3, 2000). Hij gelooft niet echt in godsbewijzen van de bovenbeschreven soort, maar hij vindt sommige kansen toch wel erg klein. Hij komt op deze dingen terug in een interview in *de Volkskrant*.¹ Hij zegt ook daar helaas

niet wat hij wèl gelooft. In verband met de evolutie beschouwt Meester worpen met een dobbelsteen: hoe lang duurt het om een reeks van twintig zessen te werpen? Het is iets eenvoudiger om met twintig dobbelstenen tegelijk te gooien; dat geeft grofweg dezelfde uitkomst. Voor het eerste succes, een worp met twintig zessen, zijn dan gemiddeld 6 tot de macht twintig, meer dan drie miljoen miljard worpen (met twintig dobbelstenen) nodig. ‘En wat is nu het gooien van twintig zessen in vergelijking met het ontstaan van een cel?’, schrijft Meester in zijn rede. Sommigen zouden het gooien van twintig zessen bij één worp met twintig dobbelstenen kunnen beschouwen als een bewijs voor het bestaan van God, anderen als een bewijs van de tovenaarskunst van de dobbelaar (immers, volgens Einstein: ‘*der Herrgott würfelt nicht*’). Veel statistici zouden daarentegen geneigd zijn de dobbelstenen aan een grondig onderzoek te onderwerpen.

Ronald Meester heeft onlangs een boek gepubliceerd dat mogelijk licht werpt op dit soort zaken. De titel luidt *Het pseudoniem van God* (Ten Have 2003).² Ik vermoed dat Meester daar de evolutie-dobbelstenen aan een grondig onderzoek onderwerpt.

Meesters boek is zeer onlangs ingehaald door Stephen Unwins *The Probability of God: a simple calculation that proves the ultimate truth* (New York 2003); zijn conclusie: ‘*God does exist*’. Hij gebruikt de regel van Bayes, die, hoewel een dominee, dit bewijs niet zou hebben geaccepteerd.

1. *de Volkskrant* van 31 mei 2003

2. Van de samenvatting op internet word ik niet veel wijzer, en ik aarzel om het aan te schaffen: € 14,90 - misschien krijgt STATOR een recensie-exemplaar.

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar kansrekening aan de TU Eindhoven; hij is redacteur van STATOR en van *Statistical Theory & Method Abstracts* van het *International Statistical Institute*.
E-mail <f.w.steutel@tue.nl>.

GROEN, GEEL EN ROOD

Verkeerslichtenregelingen in Nederland

Verkeerslichten vormen een belangrijk onderdeel van het verkeersmanagement.

Waren er geen verkeerslichten dan zou binnen de kortste keren het verkeer vastlopen en bovendien het aantal ongevallen toenemen.

Het ontwerpen van een goede verkeerslichtenregeling is geen gemakkelijke taak.

In een regeling gaat het om de volgorde van de richtingen die groen krijgen, de afhandeling van conflicten en de duur van groentijden. De regeltechnicus dient met allerlei zaken rekening te houden, zoals de veiligheid van fietsers en voetgangers, een vlotte afwikkeling van autoverkeer, prioriteit voor openbaar vervoer, etc.

In de loop van de tijd zijn er allerlei regelstrategieën ontwikkeld en toegepast.

HENK TAALE

Verschillende bronnen maken in 1868 melding van de uitvinding van het verkeerslicht in Engeland. Het eerste verkeerslicht werkte met rode en groene gaslantaarns en werd met de hand bediend. Het was bedoeld om parlementariërs een drukke straat in Londen te laten oversteken. Dit verkeerslicht was geen lang leven beschoren, omdat het kort na de installatie explodeerde. De bedienende politieagent raakte gewond.

Daarna gebeurde er een hele tijd niets op dit gebied. Pas in 1918 werd het driekleurige verkeerslicht in Londen geïntroduceerd, maar dat werd nog met de hand bediend. Automatische verkeerslichten werden pas in 1927 geïnstalleerd. De Verenigde Staten waren eerder. Al in 1914 verscheen in

Cleveland het eerste elektrische verkeerslicht en in 1917 werden in Salt Lake City elektrische, gecoördineerde verkeerslichten geplaatst. In hoog tempo werden in de jaren twintig grote steden als New York uitgerust met verkeerslichten. Dat ging overigens nog niet zo gemakkelijk.

De eerste regelapparatuur bestond uit met de hand te bedienen borden op palen waarop de woorden 'STOP' en 'GO' stonden. In 1916 werden verkeerstorens gebouwd waarop grote lampen in de kleuren groen, geel en rood gemonteerd waren. De kleuren hadden toen nog een andere betekenis. Rood betekende dat alle richtingen dienden te stoppen, geel dat



zijverkeer moest stoppen en de hoofdrichtingen konden doorrijden en groen dat het zijverkeer kon doorrijden en de hoofdrichtingen moesten stoppen. Het kon dus gebeuren dat je een bekeuring kreeg voor het 'door groen' rijden! Pas in 1924 kregen in New York de kleuren hun huidige betekenis. In dat jaar werd ook een begin gemaakt met de elektrificatie van de verkeerslichten. In 1934 waren er al 7.700 kruispunten op die manier geregeld.

In Nederland werden de eerste verkeerslichten in de twintiger jaren van de vorige eeuw geïntroduceerd. In 1930 was er in Eindhoven een verkeerslicht in gebruik en in 1936 werden de burgers van Amsterdam in het *Algemeen Handelsblad* gemaand om de signalen van de verkeerslichten te gehoorzamen.

Met de uitvinding van de computer kwamen er mogelijkheden om de regelingen te verbeteren. Al in 1952 werden in Denver analoge computers gebruikt om op basis van detector informatie uit een set regelingen de meest geschikte te kiezen. De eerste digitale computer deed in 1963 zijn intrede voor het regelen van het verkeer in Toronto. Daarna hebben de ontwikkelingen op verkeersregelgebied elkaar snel opgevolgd. Met de komst van de computer werden ook de mogelijkheden op modelgebied groter. De eerste verkeersmodellen werden vooral ingezet om verkeerslichtregelingen te ontwerpen en te optimaliseren.

In het vervolg van dit artikel zal worden ingegaan op de stand van zaken in Nederland. Op het gebied van de verkeersregelingen wordt onderscheid gemaakt tussen lokale regelingen (voor één kruispunt) en netwerkregelingen. Opvallend is de geringe ervaring in Nederland met verkeersregelsystemen voor netwerken. In vergelijking met het buitenland hebben de regelingen veel lokale intelligentie (OV-prioriteit, fietsers, etc.). Dat maakte het moeilijker dan bij starre regelingen om naar netwerkregelingen over te stappen. Wel is reeds een aantal buitenlandse regelstrategieën voor netwerken in Nederland geïmplementeerd



Eerste verkeerslicht van Eindhoven (1930). Foto: A. van Beurden.

en geëvalueerd. De toepassing neemt toe, maar het overgrote deel van de kruispunten wordt nog steeds lokaal geregeld. Daarom wordt in dit artikel alleen ingegaan op lokale regelingen.

Verkeerslichtenregelingen

Webster

De eerste die zich systematisch bezig hield met het ontwerpen van kruispuntregelingen was Webster. Een onderzoek over verkeerslichtenregelingen is niet compleet zonder een verwijzing naar zijn werk (Webster 1958). Daarin leidt hij formules af waarmee de vertraging op een kruispunt geschat kan worden en gebruikt hij die formules om een starre regeling (vaste groentijden) te ontwerpen onder allerlei omstandigheden. Hij deed dat met simulaties, waarbij gebruik werd gemaakt van een eenvoudig model van aankomst- en vertrektijdstippen van voertuigen. Op basis van de resultaten van deze simulaties kon een formule voor de cyclustijd en groentijden verkregen worden. Deze formule wordt nog steeds gebruikt!

Basisstructuur

De praktijk in Nederland is dat een groot deel (78%) van de ongeveer 5.250 kruispunten niet star, maar voertuigafhankelijk geregeld wordt (NHTV en DTV, 1999). Een voertuigafhankelijke regeling werkt met lussen in het wegdek. Daarmee wordt gedetecteerd of er voertuigen op een bepaalde richting aanwezig zijn en krijgt die richting groen, mits er uiteraard geen conflicterende richtingen



zijn die al groen hebben. De duur van de groentijd hangt af van de verkeersstroom. De hiaten in de verkeersstroom worden gemeten en indien een hiaat een drempelwaarde overschrijdt, wordt de groentijd beëindigd. Dat gebeurt ook indien er een vooraf ingestelde maximum groentijd wordt bereikt. In een regeling worden vaak verscheidene sets maximale groentijden gehanteerd, bijvoorbeeld voor de ochtendspits, dalperiode, koopavond, etc. Om deze sets te bepalen wordt vaak uitgegaan van een starre regeling, die weer is gebaseerd op de formule van Webster.

Een belangrijke impuls voor de standaardisatie van voertuigafhankelijke regelingen werd gegeven door de zogenaamde Basisstructuur, ontwikkeld door Peter de Jong in de tachtiger jaren. De Basisstructuur bevat een manier om het verkeer te regelen waarbij een aantal belangrijke regelaspecten al gespecificeerd is. Toch blijft met deze regelfilosofie nog een grote mate van detaillering mogelijk. Daardoor ontstaat veel flexibiliteit in de regeling en meer mogelijkheden voor de gebruiker om de regeling aan specifieke omstandigheden aan te passen. Het betekent echter ook een toenemende complexiteit.

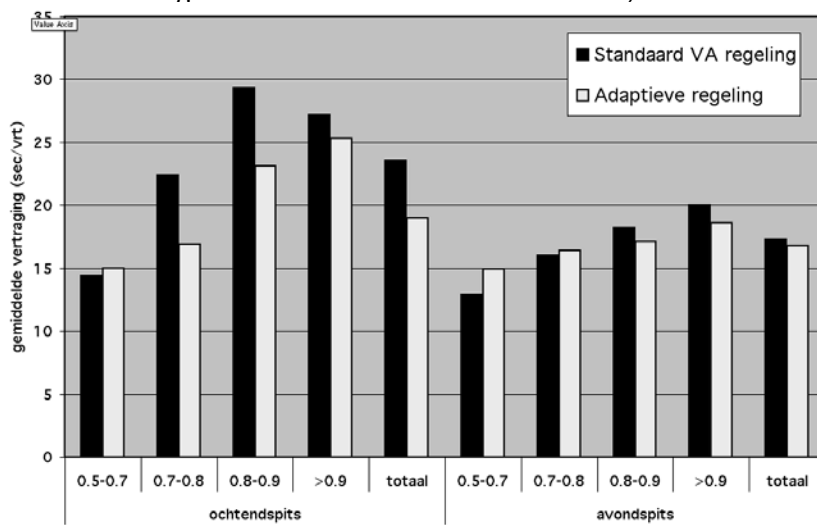
Adaptieve module

Voor het ontwerpen van voertuigafhankelijke regelingen worden sets vaste, maximum groentijden gebruikt. Echter, veranderende omstandigheden, zoals extra drukte of ontsluiting van een nieuwe woonwijk, kunnen wijzigingen van deze

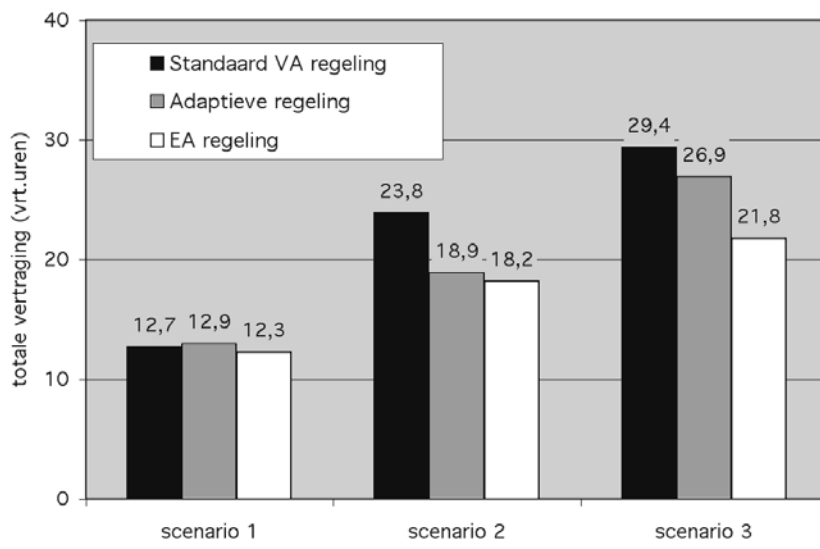
tijden noodzakelijk maken. Dat betekent extra werk voor de verkeersregeltechnicus, tenzij andere, automatische, manieren worden gevonden om dat te doen. De adaptieve module is daarvoor een mogelijkheid. Deze module gebruikt de formules van Webster om telkens nieuwe maximum groentijden te berekenen en deze vervolgens in de regelaar toe te passen. De adaptieve module is in 1998 geïmplementeerd en geëvalueerd op een kruispunt in Tilburg. Daarbij werd een normale Basisstructuur regeling als referentie gebruikt. De uitkomst was dat de verliestijden over het algemeen afnamen (variërend van 3% tot 20%, zie figuur 1), maar dat er een grote spreiding in zat, afhankelijk van de periode en de verkeersdrukke (Goudappel Coffeng 1998).

Evolutionaire algoritmen

Een nadeel van de adaptieve module is dat deze beperkt optimaliseert. Er is geen criterium, geen doelfunctie die geëvalueerd wordt bij het bepalen van de nieuwe maximum groentijden. Daarom is gezocht naar een bruikbare optimalisatiemethode waarbij wel een doelfunctie gehanteerd wordt. Gekozen is voor de methode van de Evolutionaire Algoritmen, een vorm van kunstmatige intelligentie (ook wel *soft computing* genoemd) afgekeken van de biologie. Door middel van random mutaties,



Figuur 1: Evaluatieresultaten van de adaptieve regeling.



Figuur 2: Simulatiesresultaten voor drie typen regelingen.

willekeurige combinaties van oplossingen en selectie van de beste oplossingen wordt geprobeerd een doelfunctie te optimaliseren. Deze methode is geïmplementeerd in een simulatie-omgeving en voor een bepaald kruispunt zijn drie verschillende typen regelingen (standaard voertuigafhankelijk, adaptief en gebaseerd op evolutionaire algoritmen) getest voor drie verschillende aanbodspatronen: het oorspronkelijke aanbodspatroom waarvoor de standaard regeling ontworpen was, een patroon waarbij het aanbod op één richting sterk was toegenomen en een patroon met sterk fluctuerende verkeersstromen (Taale 2002). De resultaten zijn gegeven in figuur 2. Te zien is dat voor het normale verkeersaanbod de geavanceerde regelingen niet beter presteren dan de standaard regeling. Voor de situaties met een gewijzigd aanbodspatroom passen de adaptieve regeling en de EA-regeling zich beter aan op de veranderde omstandigheden, waarbij de EA-regeling het beste presteert bij sterk wisselende verkeersstromen (scenario 3).

Conclusie

Een belangrijk aspect van verkeerslichtenregelingen is het inregelen, het instellen van parameters. Door veranderende omstandigheden kan het nodig zijn parameters anders in te stellen. Door

gebruik te maken van technieken uit het vakgebied van de kunstmatige intelligentie kan dat geautomatiseerd worden. Bijvoorbeeld met behulp van evolutionaire algoritmen die de beste set parameters voor een bepaalde situatie kunnen bepalen en neurale netwerken die van historische informatie kunnen leren wat in bepaalde situaties het beste gedaan kan worden.

Ook andere technieken uit het vakgebied van de kunstmatige intelligentie worden getest op de toepasbaarheid voor verkeersregelingen. Zo wordt geëxperimenteerd met fuzzy logic, waarmee de vaagheid in het menselijk redeneren kan worden beschreven en gebruikt in regelprocessen. Ook wordt gedacht aan het toepassen van de zogenaamde *intelligent agents*. Deze 'agenten' nemen zelfstandig beslissingen, afhankelijk van hun doelstellingen. De interactie tussen agenten bepaalt het resultaat, bijvoorbeeld de regeling.

Al met al staan de ontwikkelingen in een van de oudste vakgebieden op het gebied van verkeer niet stil, maar blijft er onderzoek gedaan worden naar de beste manier om kruispunten te regelen en alle verkeersdeelnemers zo goed mogelijk te laten doorstromen.

LITERATUUR

- Webster, F.V. (1958), Traffic Signal Settings. *Road Research Technical Paper No. 39*, London.
- Nationale Hogeschool voor Toerisme en Verkeer, DTV consultants (1999). *Verkeersregelininstallaties in Nederland. Enquête-onderzoek onder wegbeheerders*.
- Goudappel Coffeng (1998). *Evaluatie adaptieve regeling, rapport voor de Adviesdienst Verkeer en Vervoer*.
- Taale, H. (2002). Comparing Methods to Optimise Vehicle Actuated Signal Control. *Proceedings of the 11th International Conference on Road Transport Information and Control*, IEE, London, pp. 114-119.

HENK TAALE is senior adviseur modellen en regeltechniek bij de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat. Hij houdt zich daar bezig met dynamische verkeersmodellen, evaluatiestudies en verkeersregeltechniek. Daarnaast werkt hij aan de Technische Universiteit Delft aan een promotieonderzoek op het gebied van verkeersregelingen. E-mail <h.taale@avv.rws.minvenw.nl>.



50 jaar georganiseerde OR: oude dame of jonge heer?

Als erkend en georganiseerd vakgebied is Operations Research ruim een halve eeuw oud.

Naar wetenschappelijke maatstaven gemeten is dat betrekkelijk jong, maar het was een bewogen tijd en er is voldoende gebeurd. Derhalve rijst de vraag wat een halve eeuw onderzoek op dit fascinerende gebied heeft opgeleverd. Wat is er met de originele vraagstellingen gebeurd en hebben er wel baanbrekende ontwikkelingen plaatsgevonden?

Is het gebied geworden tot een behoeftige oude dame of heeft het nog steeds de potentie om een jonge heer te zijn? Een korte analyse.

EMILE AARTS EN BENJAMIN JANSEN

Gesterkt door de successen die tijdens de Tweede Wereldoorlog behaald waren met de toepassing van kwantitatieve methoden op de gebieden transport en logistiek alsmede door het gebruik ervan bij de besturing van radarsystemen aan de Engelse oostkust, nam in de VS een groep van 73 personen afkomstig uit het bedrijfsleven, de defensie-overheid en de academische wereld op 26 mei 1952 het initiatief om een professionele organisatie in het leven te roepen op het gebied van Operations Research.

ORSA, TIMS en INFORMS

Dit leidde tot de oprichting van de Operations

Research Society of America (ORSA) met als eerste president Phillip Morse, die faam verworven had als auteur van het boek *Methods of Operations Research* en voor het eind van het eerste levensjaar publiceerde ORSA de eerste editie van het roemruchte tijdschrift *Operations Research* dat tot op heden het vlaggenschip van het vakgebied is.

Echter niet iedereen was gelukkig met de oprichting van ORSA. Al snel ontstond bij een aantal betrokkenen onvrede over de wijze waarop Morse en anderen ORSA domineerden. Men vond dat te veel aandacht uitging naar militaire toepassingen en dat de aanpak te wiskundig was. Achttien maanden na de oprichting van ORSA



leidde dit op 1 december 1953 tot de oprichting van The Institute of Management Science (TIMS) met William Cooper als eerste president. Aanvankelijk was de samenstelling van het TIMS gezelschap buitengewoon gevarieerd. Wiskundigen, economen, statistici, ingenieurs, astronomen en filosofen richtten zich met vereende inspanning op bedrijfskundige vraagstukken. Het tijdschrift *Management Science* werd hun vlaggenschip.

ORSA en TIMS hebben beide ruim veertig jaar schouder aan schouder gestaan als de meest toonaangevende vakorganisaties in de wereld op het gebied van operations research en beide lieten zich graag voorstaan op het gebruik van complexe wiskundige modellen bij het oplossen van lastige operationele problemen. ORSA werd algemeen beschouwd als de sterkere van de twee en dat gold vooral in financieel opzicht. TIMS had zijn tweede plaats vooral te wijten aan een aantal incidenten dat in het begin van de jaren zestig plaatsvond. Vanaf de zeventiger jaren kwamen ORSA en TIMS onder de vrouwelijke leiding van respectievelijk Patricia Morris en Mary de Melim in rustiger vaarwater. Er vond toenadering plaats tussen de rivaliserende organisaties, maar het zou nog vele jaren duren voordat de logica overwon en men tot het inzicht kwam te fuseren. Op 31 december 1994 hielden beide organisaties op te bestaan om op 1 januari 1995 samen verder te gaan onder de naam INFORMS met John Little als eerste president. De twee vlaggenschepen worden nog steeds uitgegeven, naast tien andere tijdschriften, en momenteel heeft de organisatie ruim 10.000 leden, verspreid over de hele wereld.

50 jaar ontwikkeling

In het jubileumnummer van *OR/MS Today* dat werd uitgegeven ter gelegenheid van het vijftigjarig jubileum van de combinatie ORSA/TIMS geeft Saul Gass door middel van een tijdlijn een buiten-

gewoon interessant overzicht van geschiedenis van de OR en van de jubileumperiode ¹. Gass legt de oorspong van de operations research bij de introductie van de verwachtingswaarde door Blaise Pascal in 1654. Via de methode van Newton, de regels van Bayes, de kleinste kwadraten methode van Gauss en Legendre, Gantt charts, Markov ketens en Motzkins transportstelling definieert hij het jaar nul van de operations research (1936) als het moment waarop de term operations research voor het eerst in de literatuur gebruikt wordt. De jaren 1940-1950 laten vooral veel theoretische ontwikkelingen zien op de gebieden lineaire programmering en speltheorie, met de introductie van de Simplex Methode in 1947 als hoogtepunt. Tevens wordt in die periode veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van les- en studiemateriaal; in 1948 wordt op het MIT voor het eerst in de geschiedenis een OR-college gedoceerd.

Tussen 1950 en 1960 neemt de aandacht toe voor praktische toepassingen. Dit leidt tot de definitie van een aantal nieuwe probleemgebieden van zowel bedrijfskundige, industriële als economische aard; een voorbeeld is de econometrie. Vanaf 1960 wordt OR theoretischer. De thema's worden meer wiskundig en de publicaties in de vlaggenschepen worden minder toegankelijk voor niet-specialisten. De oprichting van de Mathematical Programming Society begin jaren zeventig moet ook in dit licht gezien worden. Tussen 1980 en 1990 worden relaties gelegd met technieken die oorspronkelijk afkomstig zijn uit de kunstmatige intelligentie waaronder expert systemen, heuristische zoekmethoden, genetische algoritmen, constraint programming en neurale netwerken. Vanaf 1990 zien we een verschuiving in de richting van de ontwikkeling van grote software pakketten die algemeen toepasbaar zijn. Voorbeelden zijn systemen voor *enterprise resource planning*, geografische informatieverwerking en network-enabled optimization.

Tot slot noemen we het vermeldenswaardige feit dat Gass drie Nederlanders in zijn lijst heeft opgenomen wier namen voortleven in het vak, te weten Edsger Dijkstra bekend van Dijkstra's kortste-pad algoritme, Jac Benders bekend van Benders' decompositie en Nobelprijswinnaar Tjalling Koopmans, één van de grondleggers van lineaire programmering en dualiteit, en van het kwadratische toewijzingsprobleem.

Waar staan we nu?

De grote lijn in de ontwikkeling die Gass schetst, loopt van praktische toepassingen via theoretische formalisering naar generieke aanpakken die in algemeen toepasbare software pakketten verpakt zijn. Spread sheets en scheduling tools maken tegenwoordig onderdeel uit van standaard Windows applicatie software en zijn beschikbaar op nagenoeg alle PCs en Laptops. Veel operations research technieken zijn heden ten dage verpakt in software gereedschappen maar de problemen die moeten worden aangepakt zijn nog steeds dezelfde als die van vijftig jaar geleden: hoe zet je efficiënt en effectief informatie om in beslissingen. De verschijningsvorm van de problemen is echter anders dan toen, omdat er extreem veel meer informatie en extreem veel meer rekenkracht beschikbaar is. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van gereedschappen die kunnen omgaan met grote verzamelingen gegevens en/of met zeer complexe modellen. Voorbeelden daarvan zijn de ontwikkeling van modelleeromgevingen en van optimaliseringstechnieken die gebruikt kunnen worden bij het oplossen van ontwerpproblemen met vele tientallen parameters.

Doordat de technieken verpakt zijn in software gereedschappen komt de nadruk te liggen op de toepassing ervan. Dat betekent dat het vak van operations research consultant zal herleven. De toegevoegde waarde van het gebruik van software

gereedschappen zal immers alleen gerealiseerd worden door de ontwikkeling van adequate modellen en door een juiste wijze van toepassen van de 'standaard' oplostechnieken. In dit licht kan de operations research consultant gezien worden als de musicus die de software gereedschappen als instrument bespeelt. Het zal duidelijk zijn dat de meer getalenteerde en beter geoefende speler de betere en mooiere muziek zal maken. Dit betekent echter ook dat er weer aandacht besteed moet worden aan de opleiding van goede operations research consultants; een activiteit die in Nederland nog maar weinig prioriteit heeft. Ook het aanzien van de operations research consultant zou vergroot moeten worden; maatschappelijk gezien is de functie in Nederland zonder veel betekenis, zo niet volledig onbekend. Een snelle vergelijking met Groot Brittannië leert dat premier Blair een Chief OR analist in dienst heeft, een functie die minister Balkenende nog moet instellen.

Tot slot. Ruim vijftig jaar georganiseerde operations research heeft ertoe geleid dat complexe modellen en oplostechnieken direct beschikbaar en inzetbaar zijn geworden. Dat wil zeggen dat veel modellen en technieken zijn uitgegroeid tot statige oude dames. De moderne operations research consultant zal zich echter als ambitieuze jonge heer moeten opstellen om een waardig begeleider te zijn.

NOOT

1. Saul Gass (2002), Great Moments in HistORy, *OR/MS Today*, October, 31-37.

EMILE AARTS is wetenschappelijk programmadirecteur bij Philips Research. Daarnaast is hij hoogleraar informatica aan de Technische Universiteit Eindhoven en senior consultant bij het Centrum voor Quantitatieve Methoden. E-mail <emile.aarts@philips.com>.

BENJAMIN JANSEN is managing partner/senior consultant bij CQM bv in Eindhoven. E-mail <jansen@cqm.nl>.



IN MEMORIAM

Prof. Gijsbert Goudswaard

JACQUES VAN MAARSEVEEN

Onlangs overleed op 90-jarige leeftijd prof. Gijsbert Goudswaard (1912-2003), die van 1974-1977 directeur-generaal van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) is geweest. Goudswaard was een zowel nationaal als internationaal gerespecteerd statisticus. Hij was onder meer directeur van het Permanent Office van het International Statistical Institute, hoogleraar in de statistiek aan de VU en gaf leiding aan het CBS in de meest roerige jaren uit de geschiedenis ervan. Het was de periode waarbij de helft van het CBS naar Heerlen moest worden verplaatst. Deze verplaatsing was een gigantische onderneming die Goudswaard dankzij zijn diplomatieke gaven in goede banen wist te leiden.

International Statistical Institute

Na zijn studie trad Goudswaard in 1945 in dienst als medewerker van het Permanent Office van het International Statistical Institute (ISI). Dit bureau is sinds zijn oprichting in 1913 in het gebouw van het CBS gehuisvest. Aan het hoofd van het Office stond Methorst, die deze functie vanaf 1913 tot 1947 heeft bekleed, waarvan tot 1939 gecombineerd met de functie van directeur-generaal van het CBS.

In 1948 volgde hij Methorst op als directeur van

het Permanent Office. Een jaar later volgde zijn benoeming tot lector in de statistiek aan de Vrije Universiteit van Amsterdam. Met een openbare les over *De moderne statistiek en haar plaats in het hoger onderwijs* aanvaardde hij dit ambt. De les biedt een interessante blik op de stand van zaken van het gehele terrein van de statistiek in die tijd. Zo staat Goudswaard ook stil bij de taak van de statistische bureaus. Het is hun taak, stelt hij onder meer, '[...] wantrouwen of onwil te voorkomen of weg te nemen door een juiste voorlichting over het doel waarvoor het materiaal wordt verzameld en voorts door de opgelegde last tot het noodzakelijk minimum te beperken [...]'; woorden die nog steeds actueel zijn. Drie jaar later wordt hij benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de statistiek aan de economische faculteit van dezelfde universiteit. Zijn inaugurele rede handelt over *Specialisatie, integratie en internationale statistiek*. Hierin staat de internationale samenwerking op statistisch gebied centraal. Vermeldenswaard is verder zijn bewerking in 1955 van het bekende leerboek over statistiek voor economen, dat O. Bakker - destijds plaatsvervangend directeur op het CBS - had geschreven en dat sinds 1934 maar liefst 10 herdrukken kreeg. Goudswaards bewerking betrof het eerste deel dat handelt over *De statistische methode* (8^e druk).

Een van de belangrijke taken van het ISI is het organiseren van conferenties waaraan statistici uit de gehele wereld deelnemen. In 1947 nam Goudswaard in Washington deel aan de eerste na de Tweede Wereldoorlog gehouden ISI-conferentie. Hij was tevens redacteur van de *Proceedings* van deze conferenties. Zelf organiseerde Goudswaard de ISI-conferenties van Bern (1949), New Delhi (1951) Rome (1953) en Rio de Janeiro (1955). Tijdens zijn werkzaamheden bij het CBS bleef hij nauw betrokken bij de activiteiten van het ISI. Twee keer werd hij gekozen als Secretary General (1957-61;

1965-69) en in de jaren van zijn functie als DG van het CBS was hij tevens vice-president van het ISI.

Internationaal kwam de waardering voor zijn verdiensten tot uitdrukking toen hij in 1970 werd gekozen tot Honorary Fellow van de Royal Statistical Society te Londen. Een eer die hij als een van de eersten ontving en die voor slechts weinigen is weggelegd. De enige andere Nederlander die deze eer tot nu toe ten deel viel, is prof. W.R. van Zwet.

Centraal Bureau voor de Statistiek

In 1954 verwisselde Goudswaard zijn functie bij het ISI voor die van raadsadviseur bij het CBS, vanaf 1961 omgezet in de persoonlijke titel van wetenschappelijk adviseur. In die functie adviseerde hij de directie over allerlei statistische aangelegenheden en leerde hij het werk van het CBS eerst grondig kennen. In 1964 volgde de benoeming van Goudswaard als adjunct-directeur. Idenburg was toen directeur-generaal en Verstege zijn plaatsvervanger. Deze laatste volgde Idenburg in 1966 op als directeur-generaal met Goudswaard als zijn plaatsvervanger. Typerende eigenschappen van Goudswaard waren zijn grote nuchterheid en praktische zienswijze. Het waren dezelfde eigenschappen die hem zo uitstekend van pas kwamen toen het CBS in 1973 ernstige organisatorische problemen ondervond door de beslissing van de regering om de helft van het Bureau (ca. 1.000 arbeidsplaatsen) naar Heerlen over te plaatsen.

Verstege had zich met hand en tand tegen de beslissing verzet en legde daarom zijn functie in januari 1973 neer. Goudswaard volgde Verstege op en stond voor de taak de spreiding van het Bureau over twee vestigingen in 4 à 5 jaar tot stand te brengen. Daarbij mocht, aldus minister Langman van Economische Zaken, de interne en externe functionering van het Bureau (de kwaliteit van de statistieken) niet in gevaar gebracht worden. Dat was gemakkelijker gezegd dan gedaan. Door de spreidingsoperatie konden tijdelijk bepaalde statistieken niet worden samengesteld en ont-

stonden er grote achterstanden, die soms eerst jaren later werden ingelopen. Bovendien wilde Langman dat moest worden aangegeven wat de mogelijkheden waren om op langere termijn meer dan 1.000 arbeidsplaatsen naar Heerlen over te brengen. Hiertegen had Goudswaard gezien de grote onrust onder het personeel ernstige bezwaren. Samen met de voorzitter van de Centrale Commissie voor de Statistiek, prof. P. de Wolff, wist hij de opvolger van Langman op Economische Zaken, Lubbers, te overtuigen dat dit geen haalbare zaak was. De onrust onder het personeel bleef bestaan. Deze nam Goudswaard weg door de medewerkers te Voorburg toe te zeggen dat bij overplaatsing van hun huidige werk voor hen in de vestiging Voorburg een plaats zou worden gereserveerd. Deze toezegging deed hij geheel op eigen gezag. Dit tot nogal ongenoegen van Economische Zaken. Zijn toezegging was echter gebaseerd op een door hem zelf gemaakte personeelsraming, waarbij hij rekening hield met het reparatie- en uitbreidingsprogramma.

Tijdens zijn CBS-periode was Goudswaard ook enige tijd secretaris van de Centrale Commissie voor de Statistiek in Nederland, een commissie die de statistische informatievoorziening van de overheid bevordert en het werkprogramma van het CBS beoordeelt. Ook was hij enige tijd lid van deze commissie. Daarnaast is hij gedurende zijn gehele carrière (voor één dag in de week) hoogleraar in de statistiek aan de Vrije Universiteit gebleven. Tevens was hij erelid van de Nederlandse Vereniging voor Statistiek en Operationele Research.

De verdiensten van Goudswaard zijn ook door de regering onderkend. In 1975 werd hij benoemd tot Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw en bij zijn vertrek van het CBS werd hij door Koningin Juliana benoemd tot Commandeur in de Orde van Oranje-Nassau.

Jacques van Maarseveen is historicus en was hoofd van enkele hoofdafdelingen op het CBS.

Lezersenquête STATOR

STATOR bestaat inmiddels drie jaar, en de redactie was benieuwd naar uw mening over dit blad.

Daarom hebben we dit voorjaar een enquête gehouden. Over het algemeen zijn de responderende lezers tevreden tot zeer tevreden met STATOR. Een nonrespons onderzoekje heeft de redactie er aan herinnerd dat het verzamelen van goede data niet eenvoudig is.

Resultaten

- 112 lezers hebben de enquête ingevuld en geretourneerd. Hiervan waren er 90 per post en 22 per e-mail. Veel postenquêtes waren al binnen toen de elektronische versie nog via de VVS-mededelingen werd verstuurd. Twee enquêtes zijn pas binnengekomen nadat de analyses al waren gedaan; deze zijn buiten beschouwing gebleven.
- Over het algemeen zijn de respondenten tevreden tot heel tevreden. Op de 5-puntsschaal 'Wat vindt U van de inhoud van STATOR: oninteressant (1) ... interessant (5)' scoort 86 % een 4 of 5. De diepgang van de artikelen wordt door 70 % als precies goed ervaren, 26 % vindt STATOR te oppervlakkig. Over de opmaak is 93 % neutraal of tevreden.
- Op de ja/nee vragen 'Ik lees STATOR graag', 'STATOR verschaft mij meer inzicht in de toepassingen van statistiek en OR' en 'STATOR is voor een breed publiek toegankelijk' zegt respectievelijk 95, 81 en 87 % ja.
- Over het ontbreken van formules bestaat minder eensgezindheid: meer dan de helft vindt dit jammer (2%) of soms jammer (49%); 41 % vindt dit prettig, en 7 % heeft geen mening. Hier staan twee groepen lezers dus tegenover elkaar.
- De verhouding tussen statistiek en OR is volgens 83 % van de inzenders in balans; 14% vindt er te veel OR in staan, 2% te veel statistiek.
- De frequentie van verschijnen, viermaal per jaar, wordt door 86 % als goed beoordeeld; 13 % zou

zelfs graag meer STATORs in de bus krijgen.

- Weinig mensen lezen STATOR helemaal; 72% voor de helft tot driekwart. En bijna 2/3 van de inzenders bewaart STATOR.

Rapportcijfer

De spannendste vraag voor ons was het rapportcijfer. De gegevens cijfers lopen uiteen van 4 (tweemaal) tot 10 (eenmaal); 71 lezers (64 %) geven een 8 of hoger. Gemiddeld krijgen we een 7.7. De hoogleraren zijn nog iets positiever (de anderen waren toch niet streng/bot?) in hun oordeel: zij geven gemiddeld een 8. Over het beroep van de inzenders kunnen we verder niet zoveel zeggen, want de ene helft van de respondenten heeft een vakgebied ingevuld (econometrist, statisticus), en de andere helft een functie (ambtenaar, hoogleraar, directeur). Van 34 personen lijkt het zeker dat ze aan een universiteit werken of gewerkt hebben; van 15 lijkt het zeker dat ze in het bedrijfsleven werken. De overigen (statisticus, wiskundige) zijn niet eenduidig onder te brengen.

Nieuwe onderwerpen

We hebben ook gevraagd naar onderwerpen waarover u meer zou willen lezen in STATOR. Een aantal mensen noemt actuariaat/banken/verzekeringen. Zij worden al in de eerstvolgende STATOR op hun wenken bediend. Een aantal anderen noemt *clinical trials* en biomedische toepassingen. Ook statistiek/

OR in (grootschalige) industriële toepassingen wordt een aantal malen genoemd. Sommige lezers verlangen terug naar *Kwantitatieve Methoden* en het oranje mededelingenblaadje; zij zouden graag meer verenigingsnieuws in *STATOR* zien. Een greep uit de onderwerpen die slechts eenmaal worden genoemd: sport en statistiek, voorraadbeheer, N=1 onderzoek, relatie ziekte/milieu/verkeer, lange termijn planning in verband met catastrofes, zoals bijvoorbeeld aardbevingen.

Bij de opmerkingen werd een aantal malen gezegd dat *STATOR* te veel geschiedenis, interviews en levensbeschrijvingen bevat. Maar de meeste opmerkingen waren complimenten aan het adres van de redactie, in de trant van 'Ga zo door'.

Nonrespons

De VVS-OR heeft 949 leden, en er zijn 112 vragenlijsten teruggekomen. Dat is nog geen 12 %. Aan de resultaten kunnen dan ook geen harde conclusies worden verbonden zonder een non-respons onderzoekje. Het zou bijvoorbeeld best kunnen dat de helft van de leden *STATOR* ongelezen in de prullenbak gooit.

De bedoeling was om aan 10 personen die geen enquête hadden teruggestuurd, te vragen of ze *STATOR* wel eens bekeken, en wat ze er dan van vonden. Daartoe hadden we at random 15 personen uit de volledige ledenlijst geselecteerd, zodat we wat reserve zouden hebben. Dit bleek niet voldoende, later zijn nog 10 extra personen getrokken.

Van deze 25 personen waren er 2 na drie avonden bellen nog steeds niet thuis. Van 9 personen hebben we een bruikbare reactie gekregen. Van de overige 14 zijn er 11 niet benaderd: 4 hadden een geheim telefoonnummer (de nummers staan niet in de ledenlijst en moesten via KPN worden achterhaald), 5 hadden de enquête reeds (ondertekend) ingestuurd, 1 had alleen een werkadres opgegeven en dat was zo'n grote instelling dat het zinloos leek daarheen te bellen, en 1 was een ex-geliefde die echt niet kon worden gebeld. Met de

overige 3 personen is wel contact geweest, maar 1 was pas sinds augustus lid, 1 bleek de enquête al anoniem te hebben geretourneerd, en bij de laatste was een luidruchtig feestje aan de gang, zij zei niets te weten van de VVS-OR.

Een eerste conclusie uit het nonrespons onderzoekje kan al zijn dat de VVS-OR een klein wereldje is: in de steekproef van 25 bevonden zich, naast de ex-geliefde, ook een directe collega (op dezelfde gang), een oud-collega. Hun reacties zijn meegenomen.

Van de 9 personen die aan het non-respons onderzoekje hebben meegedaan, zijn er 3 die *STATOR* niet of vrijwel niet lezen. Een van deze 3 personen zegt al zo'n 20 jaar 'slappend lid' te zijn en vrijwel geen statistisch werk meer te doen. Vijf non-respondenten vinden *STATOR* eigenlijk wel een leuk blad. De mate waarin zij het lezen hangt af van de onderwerpen die aan bod komen. Eén van deze vijf personen heeft *STATOR* onlangs zelfs gebruikt bij de voorbereiding van een lezing. De laatste non-respondent was ronduit enthousiast over *STATOR*.

Conclusie

Het lijkt erop alsof *STATOR* door een groot deel van de leden wordt gewaardeerd. Het grootste deel van de respondenten is goed te spreken over *STATOR*, en een aanzienlijk deel van de bevraagde niet-respondenten eveneens. We hebben veel ideeën voor nieuwe onderwerpen gekregen. Gezien de reacties zullen we in de toekomst misschien minder levensbeschrijvingen en interviews plaatsen. En een punt waarover we in de redactievergadering nog eens van gedachten kunnen wisselen is het al dan niet opnemen van formules. Een respondent suggereerde om af en toe enkele formules in een apart kadertje te zetten. Maar ja, waar trek je dan de grens?

De boekenbon is gewonnen door Jan Klaas Wieringa, docent opleiding Bedrijfskunde in Informatica. Wij zullen contact met hem opnemen.

MPS-prijzen voor Nederlanders

Eens per drie jaar wordt door de Mathematical Programming Society diverse prijzen uitgereikt voor gerenommeerd onderzoek op het gebied van de mathematische beslis kunde. Deze prijzen worden tijdens de driejaarlijkse internationale symposia uitgereikt. Dit jaar vielen twee Nederlanders in de prijzen: de Dantzig prijs* ging naar Lex Schrijver (CWI) en de Fulkerson prijs ging naar Bert Gerards (CWI/TUE) en (opnieuw!) Lex Schrijver. Zij ontvingen de prijzen tijdens het 17th International Symposium on Mathematical Programming (7-11 augustus) in Kopenhagen. Van harte gefeliciteerd!

Dantzig prijs:

The Dantzig prize is awarded for original work which, by its breadth and scope, constitutes an outstanding contribution to the field of mathematical programming. It is awarded jointly by this Society (MPS) and the Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).

Citaat rapport jury

Alexander Schrijver has made deep and fundamen-

tal research contributions to discrete optimization, including the applications of the ellipsoid method in combinatorial optimization, disjoint paths on surfaces, matrix cones and their applications, polyhedral and cutting plane theory, and submodular functions. His landmark book 'Theory of Linear and Integer Programming' and his three-volume work 'Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency' constitute definitive accounts of the history and present state of discrete optimization, and will influence researchers for decades to come. Characterized by insights that are both broad and deep, and by a continual pursuit of simplification and unity, Schrijver's work is scholarship at its best.

Fulkerson prijs

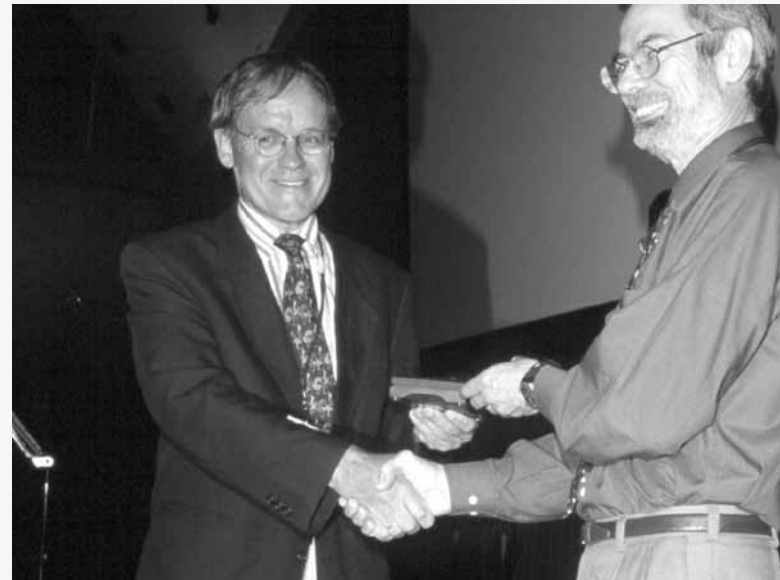
The Fulkerson prize is for outstanding papers in the area of discrete mathematics and is sponsored jointly by the Mathematical Programming Society and the American Mathematical Society.

Citaat rapport jury

Matroid representation theory studies the question of when a matroid is representable by the columns



Bert Gerards (rechts).



Alexander Schrijver (links).

of a matrix over some field. The matroids representable over $GF(2)$ and $GF(3)$ were characterized by their excluded minors in the 1950s and the 1970s respectively. Rota then conjectured that the matroids representable over any finite field $GF(q)$ could be characterized in terms of a finite list of excluded minors.

For more than twenty five years, progress on Rota's conjecture stalled. The proofs for $GF(2)$ and $GF(3)$ relied on the uniqueness properties of representations over these fields, properties that do not hold for other fields. Thus the result of Geelen, Gerards and Kapoor came as a big surprise. The paper of Geelen, Gerards and Kapoor gives an excluded minor characterization for matroids represented over $GF(4)$ by working around the non-uniqueness of the representation. It has reawakened interest in the area of matroid representation and brought renewed hope of progress towards the solution of Rota's conjecture.

Submodular functions provide a discrete analog of convex functions, and submodular function minimization arises in such diverse areas as dynamic and submodular flows, facility location problems, multiterminal source coding, and graph connectivity problems. The first polynomial-time algorithm for submodular function minimization was given by Grötschel, Lov'asz, and Schrijver in 1981; however, the algorithm relies on the ellipsoid method, requires advance knowledge of bounds on the function values, and is not combinatorial. In 1999, the papers of Iwata, Fleischer, and Fujishige, and of Schrijver independently gave combinatorial, strongly polynomial-time algorithms for this fundamental problem. These results are a significant step in the history of combinatorial, strongly polynomial-time algorithms for discrete optimization problems, and can be compared with the Edmonds-Karp algorithm for the maximum flow problem and Tardos's algorithm for the minimum-cost flow problem.

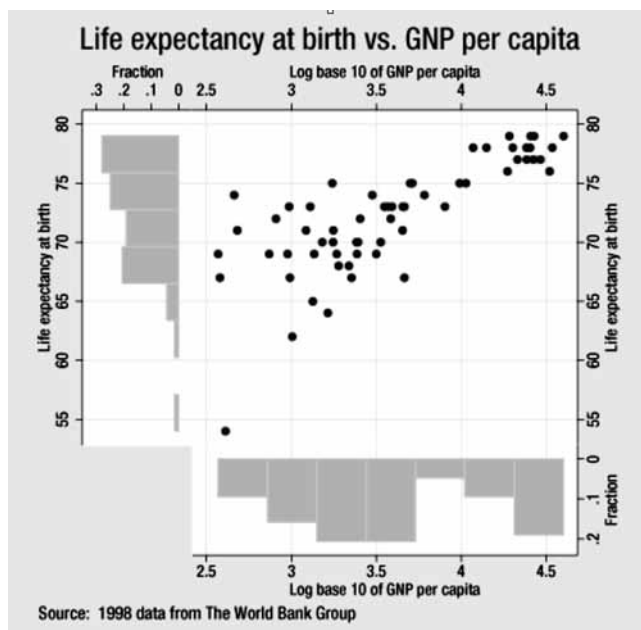
*Niet te verwarren met de Van Dantzigprijs van de VVS.



Stata Release 8

NIEUW IN STATA 8

- » Graphics: een nieuwe look, publication quality
- » Grafische gebruikersinterface: alle commando's via een dialoog uitvoeren
- » Database management: ODBC support, meer missing values
- » Meer statistische functies: MANOVA, MANCOVA en VAR, SVAR meer...
- » Programmeerfuncties: object georiënteerd programmeren, GUI
- » Stata 8 is sneller



Cosinus
computing

post Postbus 220, 5150 AE Drunen

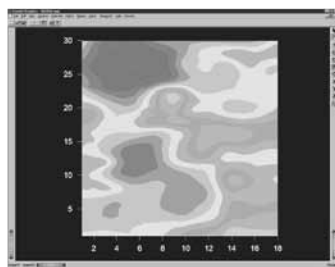
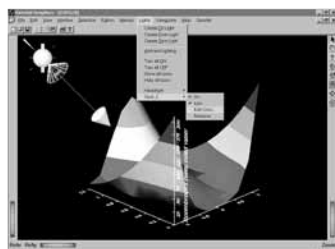
bezoek Grotestaat 401a, 5142 CB Waalwijk

telefoon 0416 - 378 125 (Stata) of 0416 - 543 444,

fax 0416 378 385, www.smitconsult.nl

Smit Consult is ondergebracht bij Cosinus Computing BV

PROBABLY THE BEST STATISTICS PACKAGE CURRENTLY ON THE MARKET!



The new **GenStat® for Windows® 6th Edition**, available now, boasts a long list of new features and improvements.

GenStat's reputation for the quality and accuracy of its statistical functionality is unparalleled.

GenStat is developed at Rothamsted Experimental Station where many of the standard statistical techniques still in use were first discovered, and it has served the needs of the statistical community worldwide for over 30 years!

The package is developed by statisticians who understand the real needs of users and have first hand experience of dealing with challenges in the 'real world'.

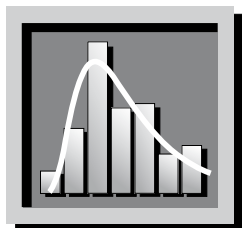
GenStat has the broadest range of statistical tools, all available in the standard package with no additional modules to install and pay for.

With its own, powerful and flexible high-level language, GenStat allows you to extend and customise its functionality virtually without limits. (Should you prefer to work with the user-friendly and familiar Windows® menu structure without writing a single line of 'code' that is, of course, also possible.)

If you have not tried GenStat recently this would be a good time to take another look! GenStat has been completely revised based on major market research and user feedback initiatives. In fact, in a recent series of focus group studies the respondents (consisting of professional users of statistical software from a variety of sectors) ranked GenStat as the best package currently on the market! Contact us to find out why...

For more information please contact:

Cosinus Computing, Postbus 220, 5150 AE Drunen, The Netherlands
tel. +31 (0) 416 543 444, fax +31 (0) 416 378 385, info@cosinus.nl
<http://www.cosinus.nl>



GenStat®

With GenStat you know you can!