

STAtOR

periodiek van de VVS jaargang 10 nummer 2, juni 2009

Nog drie keer wikken na het wegen;
kwaliteitsmetingen bij TNT Post

Revenue management voor airport parking

En we wachtten nog lang en gelukkig

Ultieme wereldrecords in de atletiek

Kansrekening in de muziek

Het individu in psychologisch onderzoek

What's happening in statistics?

In Memoriam Roel van Strik

STaTOR

Jaargang 10, nummer 2, juni 2009

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

Goos Kant (hoofdredacteur), Ana Isabel Barros, Mirjam Moerbeek, Gerit Stemerding (eindredacteur), Hilde Tobi, Marnix Zoutenbier. Vaste medewerkers: Johan van Leeuwen, Fred Steutel

Kopij en reacties richten aan

Prof. dr. G. Kant (hoofdredacteur), Faculteit der Economische Wetenschappen van de Universiteit van Tilburg, Postbus 90153, 5000 LE Tilburg, telefoon 013 - 4668234, mobiel 06-11045089, <G.Kant@uvt.nl>.

Bestuur van de VVS

Voorzitter: prof. dr. R. Gill <voorzitter@vvs-or.nl>

Secretaris: dr. C.G.H. Diks <c.g.h.diks@uva.nl>

Penningmeester: prof. dr. ir. C.A.G.M. van Montfort <kvmontfort@feweb.vu.nl>

Statistische dag: prof. dr. A.W. van der Vaart <aad@cs.vu.nl>

Namens de Bedrijfssectie (BDS):

prof. dr. R.J.M.M. Does <R.J.M.M.Does@uva.nl>

Namens de Biometrische Sectie (BMS):

prof. dr. A.H. Zwinderman <a.h.zwinderman@amc.uva.nl>

Namens de Economische Sectie (ECS):

dr. P.H.F.M. van Casteren <casteren@fee.uva.nl>

Namens het Ned. Genootschap voor Besliskunde (NGB):

prof. dr. J.J. van de Klundert <j.vandeklundert@math.uni-maastricht.nl>

Namens de Sectie Mathematische Statistiek (SMS):

dr. P.J.C. Spreij <spreij@science.uva.nl>

Namens de Sociaal Wetenschappelijke Sectie (SWS):

prof. dr. J.K. Vermunt <j.k.vermunt@uvt.nl>

Leden- en abonnementenadministratie van de VVS

VVS, Postbus 244, 6700 AE Wageningen, telefoon 0317 - 419572, fax 0317 - 421364, <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>

Advertentieacquisitie

Marieke Klein, p/a Vrije Universiteit, afdeling Econometrie & Operationele Research, De Boelelaan 1105, 1085 HV Amsterdam, <adverteren.stator@vvs-or.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 Redactioneel

4 Nog drie keer wikken na het wegen; kwaliteitsmetingen bij TNT Post

Henk van der Brug & Hansje Huson

9 Revenue management voor airport parking

Maarten Soomer

15 En we wachtten nog lang en gelukkig – column

Johan van Leeuwen

17 Ultieme wereldrecords in de atletiek

John Einmahl & Sander Smeets

22 Kansrekening in de muziek

Marguerite J.N. Brouwer & Fred W. Steutel

25 Het individu in psychologisch onderzoek

Ellen Hamaker

28 What's happening in statistics? – column

Fred Steutel

30 In Memoriam Roel van Strik

Theo Stijnen & Wim Hop

Er zijn verschillen...



Er zijn verschillen tussen mensen: de één woont in Groningen, de ander in Maastricht of Amsterdam. De een houdt zich bezig met operations research, de ander met statistiek of kansrekening. De een werkt op een universiteit, de ander op een onderzoeksinstituut. Het is waarschijnlijk dat er ook verschillen zijn in de dag waarop deze *STATOR* bij de lezers werd bezorgd. Wellicht ontving u deze *STATOR* een dag eerder dan uw collega, of juist een dag later. Het streven van TNT is ten minste 95% van de geposte brieven de volgende (werk-) dag te bezorgen. De bijdrage van Henk van der Brug en Hansje Huson gaat over onderzoek naar de overkomstduur van post.

Er zijn verschillen tussen de bedragen die passagiers betalen voor een stoel op dezelfde vlucht. Ook de bedragen die van automobilisten in de Verenigde Staten worden gevraagd om bij een luchthaven te mogen parkeren kunnen verschillen. Dit komt door het toepassen van Revenue Management, een methode om de omzet te verhogen door de beschikbare capaciteit op een slimme manier te verkopen. Het artikel van Maarten Soomer beschrijft deze toepassing van Revenue Management in de VS.

Er zijn verschillen tussen mensen. Toch kunnen deze verschillen niet zonder meer gebruikt worden om inzicht te krijgen in processen die zich binnen individuen afspelen. Om een inzicht te krijgen in processen binnen individuen moet gebruik gemaakt worden van andere analyse-technieken dan de standaardmethodes die in de psychologie worden gebruikt, zoals te lezen is in het artikel van Ellen Hamaker.

Binnen de sport draait alles om verschillen in prestaties van sporters of teams. In de bijdrage van John Einmahl en Sander Smeets over ultieme wereldrecords in de atletiek wordt de kwaliteit van de huidige wereldrecords op de 100 meter en de marathon bepaald met behulp van extreme-waardentheorie. Tevens wordt de vraag gesteld of het huidige wereldrecord het ultieme record is of dat er nóg sneller gelopen kan worden.

Musici verschillen wat betreft hun voorkeuren voor een muziekstuk. Marguerite Brouwer en Fred Steutel beschrijven een procedure waarmee een groep musici op een zo eerlijk mogelijke manier een muziekstuk kiest. De vraag is hoe groot de kans is dat hen dit gaat lukken.

In zijn column is Fred Steutel op zoek naar recente hoogtepunten binnen statistiek, kansrekening en operations research. Fred wacht nog op het antwoord op de vraag 'What's happening in *STATOR*?'. Over wachten gesproken, de column van Johan van Leeuwen heeft als onderwerp de Deense wiskundige Agner Krarup Erlang, die wordt gezien als grondlegger van de wachttijdtheorie.

Zoals elke keer hebben we er ook nu naar gestreefd deze *STATOR* te vullen met bijdragen uit verschillende toepassingsgebieden, om aan te kunnen sluiten bij verschillende interesses. Er zijn verschillen. Maar al zijn er verschillen tussen mensen, de redactie wenst een ieder even veel leesplezier toe!

De redactie.



KWALITEITSMETINGEN BIJ TNT POST

Nog drie keer wikken na het wegen

Vandaag gepost, morgen bezorgd is niet alleen de ambitie van TNT Post, het postbedrijf heeft ook een wettelijke verplichting om gemiddeld minstens 95% van alle brieven de volgende (werk-)dag te bezorgen. Het onafhankelijke onderzoek naar de kwaliteit van de overkomstduur van de post speelt daarom een cruciale rol in de bedrijfsvoering en de externe verantwoording. Om te waarborgen dat het onderzoek het correcte kwaliteitcijfer oplevert, worden de kwaliteitcijfers meerdere keren gewikt en gewogen: jaarlijks buigen TNT Post, een externe accountant en toezichthouder OPTA zich over de resultaten en de opzet van het onderzoek.

HENK VAN DER BRUG & HANSJE HUSON

Al sinds eind jaren tachtig – lang voor de invoering van de wettelijke kwaliteitsnorm – laat TNT Post onafhankelijk onderzoek uitvoeren naar de overkomstduur van de losse post. Onder regie van

Intomart GfK versturen anonieme panelleden dagelijks overal in Nederland 'proefbrieven'. De niet als zodanig herkenbare brieven zijn voorzien van een unieke code. Een deel is bovendien uitge-

rust met een zender (transponder). Het ontvangende panellid meldt de code en op welke datum de brief is aangekomen terug aan Intomart. Zo kan worden bepaald welk percentage van de brieven op tijd bezorgd is. De toevoeging van enkele tienduizenden proefbrieven kan worden beschouwd als het trekken van een steekproef uit de post. Het basisprincipe van het onderzoek is eenvoudig: een proefbrief is op tijd of te laat bezorgd. Het kwaliteitscijfer wordt bepaald aan de hand van het percentage vertraagde brieven uit het onderzoek.

Risico op vertraging

Niet elke brief loopt hetzelfde risico op vertraging. In de meeste landen is de geografie de belangrijkste risicofactor, maar in Nederland speelt deze factor haast geen rol. Zes factoren blijken hier een grote invloed te hebben op de overkomstduur: handgeschreven adressen hebben een grotere kans verkeerd gelezen te worden, brieven met een groter formaat en/of gewicht doorlopen een ander sorteerproces en de postbezorging in stadswijken heeft een andere kwaliteit dan bezorging in meer

landelijke gebieden. En omdat de hoeveelheid verzonden post vaste fluctuaties kent, zowel per weekdag als gedurende het jaar, zijn ook weekdag en maand van verzending onderscheidende factoren. Om een representatief beeld te krijgen moeten brieven met deze kenmerken naar rato in de steekproef vertegenwoordigd zijn of moet achteraf naar deze kenmerken worden gewogen.

Samenstelling poststroom

De proefbrieven worden zoveel mogelijk in evenredigheid met de poststroom verzonden. Om de samenstelling van de poststroom in beeld te brengen, wordt in de sorteercentra een steekproef getrokken. De sorteermachines hebben een speciaal 'steekproefvak' en zijn zo geprogrammeerd dat ze een systematische steekproef trekken uit de poststukken. Van deze stukken wordt handmatig een groot aantal uiterlijke kenmerken vastgelegd. Voor de poststukken die niet machinaal gesorteerd worden, wordt per stroom een aparte steekproef getrokken.

Objectieve buitenstaander

TNT Post beschouwt de informatie over de gedetailleerde samenstelling van de poststroom als vertrouwelijk. Voor toezichthouder OPTA is dit een lastig probleem. Zij moeten het onderzoek beoordelen op deugdelijkheid, maar hebben geen toegang tot alle gegevens. Een door OPTA aangewezen externe accountant controleert nu als 'objectieve buitenstaander' de totstandkoming van het kwaliteitscijfer. De accountant beschikt over alle onderliggende informatie, voert diverse audits uit en vraagt een verklaring over de gevolgde werkwijze. Pas na goedkeuring van de accountant rapporteert TNT Post het definitieve kwaliteitscijfer aan OPTA.

Het sorteerproces van TNT Post

Zes dagen per week komen de postbezorgers van TNT Post langs alle 7,2 mln Nederlandse huishoudens. Jaarlijks bezorgen ze in totaal 4,7 miljard stuks geadresseerde post. De post die de bezorgers bij zich hebben is tot op huisnummer gesorteerd in de vaste loopvolgorde van hun bestelronde. Deze sortering gebeurt nagenoeg volledig machinaal. Alleen brieven met afwijkende formaten of zonder postcode worden handmatig gesorteerd en ook bijvoorbeeld rouwbrieven doorlopen een apart proces.

Toetsing achteraf

De steekproef wordt ingericht op basis van de poststroom van het vorig jaar. Door de opkomst van alle elektronische media en de concurrentie op de postmarkt verandert de poststroom in de loop der jaren echter gaandeweg van samenstelling. Daarom vindt op verzoek van OPTA achteraf nog een weging plaats op basis van actuele gegevens over de poststroom. Weging op alle zes kenmerken tegelijk geeft echter problemen. Het aantal categorieën is dan zo groot, dat de celvulling ondanks de omvang van het onderzoek

Kwaliteit en concurrentie

In de per 1 april 2009 volledig geliberaliseerde Nederlandse postmarkt zal de concurrentie zich vrijwel volledig richten op de veelal voorgesorteerde partijen post van zakelijke verzenders. De met een postzegel gefrankeerde losse post, die onder meer via de ruim 18.000 tweelingbrievenbussen wordt gepost, beschouwen concurrenten als nauwelijks interessant. Deze post moet het volledige sorteerproces doorlopen en is dan ook de meest bewerkelijke poststroom. Door onder meer een wettelijke kwaliteitsverplichting wil de overheid garanderen dat een goede postale dienstverlening ook voor consumenten beschikbaar blijft.

TNT Post beschouwt handhaving van het (ook internationaal gezien) zeer hoge kwaliteitsniveau als een strategische doelstelling. In de organisatie krijgen men daarom – van directie tot operationeel management – doelstellingen over de te behalen kwaliteit. In de interne sturing speelt de informatie uit het kwaliteitsonderzoek dan ook een belangrijke rol. Bovendien kan TNT Post hiermee objectief aantonen dat het voldoet aan de door de overheid gestelde kwaliteitseisen. Als gevolg van de liberalisering zijn impliciet ook deze eisen aangepast: in de rapportage over de kwaliteit van de overkomstduur mag TNT Post de zakelijke post na 1 april niet meer meetellen.

onvoldoende is. Daarom worden alleen de drie meest onderscheidende kenmerken in de weging gebruikt: gewicht, schriftsoort en periode van het jaar. Als extra controle op de zo verkregen kwaliteitsscore wordt aanvullend per kenmerk getoetst of de score anders zou uitpakken wanneer de resterende kenmerken (zoals formaat en weekdag) ook meegewogen zouden worden.

Strakke uitvoering

Het hoge kwaliteitsniveau stelt hoge eisen aan de uitvoering van het onderzoek. Een waterdichte procedure en een strak regime zijn noodzakelijk om meetfouten te voorkomen. De verzender dient de proefbrieven strikt op de aangegeven dag te verzenden. Om vergissingen uit te sluiten, wordt een proefbrief alleen in de meting meegenomen wanneer een panellid het verzenden van de proefbrieven direct per e-mail bevestigt. Dergelijke voorzorgsmaatregelen zijn geen overbodige luxe: een andere kwaliteitsmeting met een minder strakke uitvoering bleek voor dezelfde soort post op hetzelfde traject ten onrechte tot een gemiddeld 1% lagere kwaliteit te leiden.

Kwaliteitsrisico's

Het sorteren en bezorgen van post is ondanks alle mechanisatie geen echt industrieel proces. Het zeer tijdkritische sorteerproces bestaat uit (machinale) sorterslagen met daaromheen verschillende overslag- en transportstappen. Het proces kent verschillende kwaliteitsrisico's: menselijke fouten, zoals het verkeerd labelen van een bak of rolcontainer, technische storingen aan de sorteermachines en lastig te beheersen externe factoren als autopech of files. Bij het huidige kwaliteitsniveau zijn procesverstoringen onmiddellijk zichtbaar in de kwaliteitsmetingen. Omdat

de kwaliteitslat procestechnisch al zeer hoog ligt, is de nauwkeurigheid van het onderzoek van groot belang. De huidige steekproefomvang beperkt de onnauwkeurigheid tot 0,2% (tweezijdig 95%-betrouwbaarheidsinterval) en maakt het bovendien mogelijk de kwaliteitscijfers tot op vestigingsniveau uit te splitsen, zodat bepaald kan worden of de verschillende interne managementdoelstellingen zijn behaald.

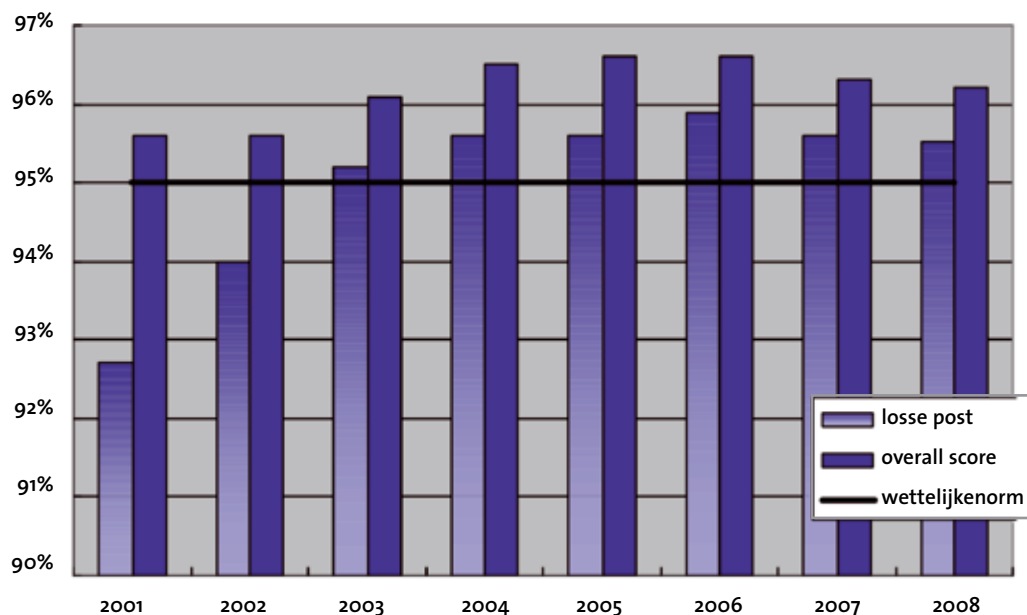
Wisselende afhankelijkheden

Statistisch gezien zit het venijn bij dit onderzoek in de berekening van de variantie van het percentage vertraagde brieven. De voortdurend wisselende afhankelijkheden in het sorteerproces maken deze variantieberekening complex. Tijdens het proces is elke individuele brief voort-

durend onderdeel van een cluster: een brief zit met andere brieven in een tweelingbrievenbus, in een bak, in een rolcontainer of in een auto. Die clustering verandert echter bij elke processtap: na de sortering zit de brief in een andere bak, na overslag in een andere rolcontainer of auto. Deze wisselende afhankelijkheden zijn te complex om exact te kunnen modelleren. De variantieschatting uit de in 2004 voor het eerst gebruikte Europese norm voor het postale kwaliteitsonderzoek losse post had een goede benadering moeten zijn, maar bleek tot negatieve varianties te kunnen leiden.

Bijdrage te verwaarlozen

Om tot een betere benadering te komen is in 2006 een werkgroep opgericht, waarin TNT Post een actieve rol heeft gespeeld. De nieuw ontwikkelde



Kwaliteit van de postbezorging door TNT Post (% op tijd) over de afgelopen jaren

variantieschatter is gebaseerd op een model van het Duitse onderzoeksbureau Quotas GmbH. In dit model wordt het proces van het verzenden van proefbrieven beschouwd als een tweetrapssteekproef. In de eerste trap worden verzenders en ontvangers getrokken uit alle mogelijke postadressen (verzenders kiezen een vaste tweelingbrievenbus om hun stukken te posten). In de tweede trap worden proefbrieven toegewezen aan een verzender en een ontvanger. Er worden drie mogelijke invloedsfactoren onderscheiden: de verzender, de ontvanger en de relatie verzender-ontvanger.

De variantieschatter bestaat uit drie delen die de relatie-tot-totaal variatie, de intra-relatie variatie en de inter-relatie variatie aangeven. De termen uit het derde deel, met de covariantie tussen relaties met dezelfde verzenders en dezelfde ontvangers, bleken bij de uitwerking voor diverse situaties een te verwaarlozen bijdrage aan de variantie te geven. Door deze ingewikkelde termen uit de schatter weg te laten werd de variantieberekening bovendien veel beter toepasbaar voor postbedrijven uit de nieuwe lidstaten, die een veel minder uitgebreid kwaliteitsonderzoek doen (*Concept Norm EN 13850:2008 Postal services - Quality of service - Measurement of the transit time of end-to-end services for single piece mail*).

Lean Six Sigma

Ook voor interne kwaliteitsverbeterprojecten wordt gebruik gemaakt van de informatie uit de kwaliteitsmetingen. De transponders in de steekproefbrieven maken het mogelijk om te traceren waar in het proces vertragingen zijn opgetreden. In de 'Lean Six Sigma' projecten wordt dankbaar gebruik gemaakt van de enorme hoeveelheid meetgegevens. De oplossingen die op basis van deze methodiek worden aangegeven, leiden niet alleen tot kwaliteitverbetering maar ook tot besparingen als gevolg van een effectievere procesvoering.

Lastig traject

Afgezien van de variantieberekening is het onderzoek statistisch gezien niet bijzonder gecompliceerd. Alle randvoorwaarden, zoals de te onderzoeken invloedsfactoren en de vereiste proportionaliteit van de steekproef, maken de berekening van het kwaliteitscijfer echter toch tot een lastig traject. Hoewel de algemene opzet van het onderzoek gelijk blijft, duiken er elk jaar weer bijzonderheden op. Er moet rekening worden gehouden met de dynamiek van de operationele en administratieve processen waar voortdurend optimalisaties en procesverbeteringen worden doorgevoerd, die aanpassingen aan de onderzoeksopzet nodig maken. Zo staat dit jaar in het teken van de wijzigingen in de regelgeving door de recente volledige liberalisering van de Nederlandse postmarkt.

TNT Post Kwantitatieve Ondersteuning

De statistische expertise rond het kwaliteitsonderzoek wordt geleverd door de afdeling Kwantitatieve Ondersteuning. Dit interne adviesbureau van TNT Post ondersteunt al ruim twintig jaar directie, management en medewerkers bij het cijfermatig onderbouwen van hun beleidskeuzes en beslissingen.

Bij alle grote strategische reorganisaties wordt de afdeling in een vroeg stadium betrokken. Daarnaast buigt Kwantitatieve Ondersteuning zich over praktische commerciële en operationele vragen. De adviseurs gebruiken modellen en technieken uit de toegepaste wiskunde, statistiek en econometrie. Ze combineren hun specialistische vakkennis met een grondige kennis van de bedrijfsprocessen.

TNT Post Kwantitatieve Ondersteuning heeft regelmatig vacatures voor startende of ervaren academici met een achtergrond in de statistiek, econometrie of operations research. Ook zijn er mogelijkheden voor stageplaatsen.

*HENK VAN DER BRUG is manager van TNT Post Kwantitatieve Ondersteuning en als statistisch adviseur nauw betrokken bij de kwaliteitsmetingen.
E-mail: <henk.van.der.brug@tntpost.nl>.*

HANSJE HUSON is oud-medewerker van de afdeling en heeft tegenwoordig haar eigen communicatiebureau (www.hansjehuson.nl).



REVENUE MANAGEMENT VOOR AIRPORT PARKING

MAARTEN SOOMER

De passagier die naast je zit in het vliegtuig heeft waarschijnlijk een heel andere prijs betaald voor zijn ticket dan jij. Hetzelfde kan je nu ook gebeuren als je in de VS bij een luchthaven parkeert. Dit komt omdat bij beide Revenue Management wordt toegepast. Revenue Management is een methode om de omzet te verhogen door de beschikbare capaciteit op een slimme manier te verkopen. Hierbij worden verschillende prijzen aan verschillende klanten aangeboden. Om te bepalen op welk moment hoeveel capaciteit tegen welke prijs verkocht moet worden, worden statistische en optimalisatiemodellen gebruikt. In dit artikel wordt de introductie van Revenue Management bij Park 'N Fly beschreven. Park 'N Fly is marktleider in off-airport parking in de VS.

Revenue Management is in de jaren tachtig van de vorige eeuw in de luchtvaartindustrie geïntroduceerd. Van toen af bepaalt Revenue Management voor veel luchtvaartmaatschappijen het verschil tussen winst en verlies. Voor elke vlucht wordt in detail bepaald hoeveel stoelen op welk moment tegen welke prijs aangeboden worden. Vandaar dat de passagier op de stoel naast je in het vliegtuig een heel andere prijs voor zijn ticket heeft betaald. Het succes van Revenue Management in de luchtvaart heeft er voor gezorgd dat deze methode inmiddels ook in veel andere sectoren wordt toegepast, zoals bij hotels, touroperators en autoverhuurbedrijven.

Revenue Management kan toegepast worden voor producten of diensten waarvan de capaciteit vast ligt en beperkt houdbaar is; het aantal stoelen in een vliegtuig ligt vast en kan niet uitgebreid worden als er toevallig meer vraag is. Een lege stoel kan niet meer verkocht worden nadat het vliegtuig is opgestegen.

Als de marginale kosten voor het bedienen van een extra klant laag zijn, levert het meer op om een klant voor een lage prijs te accepteren dan om capaciteit ongebruikt te laten. We kunnen de capaciteit immers niet opslaan totdat er weer een klant komt die een hogere prijs wil betalen. Als de totale (vaste) kosten hoog zijn, zal het verkopen van alle capaciteit tegen een lage prijs echter niet genoeg opbrengen om winst te maken. De vaste kosten voor het uitvoeren van een vlucht zijn hoog (kerosine, personeel, vliegtuigen), maar hangen nauwelijks af van het exacte aantal passagiers aan boord.

Om toch winstgevend te zijn moeten we de capaciteit daarom tegen verschillende prijzen aanbieden. Voor elke vlucht moet er worden bepaald welk gedeelte van de (resterende) stoelen tegen welke prijs te verkopen. Dit gebeurt met behulp van wiskundige modellen. Zo kunnen we voorkomen dat er veel stoelen onbezet blijven, maar ook dat er teveel stoelen voor een

te lage prijs verkocht worden.

Om verschillende prijzen te kunnen vragen, moeten er wel verschillende groepen klanten bestaan, die bereid zijn om verschillende prijzen te betalen. Ook moeten we deze groepen kunnen onderscheiden, bijvoorbeeld aan de hand van het verkoopkanaal, het moment van reserveren of de gekozen aanvullende productvoorwaarden (zoals annulering- of wijzigingsmogelijkheden).

Ook parkeerplaatsen zijn 'beperkt houdbaar': We kunnen de capaciteit van een lege parkeerplaats niet opslaan en later gebruiken. De vaste kosten (kapitaal, infrastructuur, personeel) voor het exploiteren van parkeerfaciliteiten zijn hoog. Een extra auto die parkeert leidt echter nauwelijks tot extra kosten. Hiermee is ook voor parkeren aan de basisvoorwaarden voor Revenue Management voldaan. Het project bij Park 'N Fly, dat in het vervolg van dit artikel beschreven wordt, heeft inderdaad bewezen dat Revenue Management ook succesvol kan worden toegepast bij het exploiteren van parkeerfaciliteiten.

Park 'N Fly

In de VS is de auto het belangrijkste vervoersmiddel. Hierdoor is er (ook) rond luchthavens een grote behoefte aan parkeerplaatsen. Er zijn vaak niet voldoende parkeerplaatsen op de luchthaven zelf en bovendien zijn deze vaak duur. Dit maakt 'off-airport' parking een populair fenomeen. Hierbij wordt er parkeergelegenheid in de buurt van de luchthaven aangeboden in combinatie met shuttle vervoer van en naar de luchthaven.

Park 'N Fly is de marktleider op het gebied van off-airport parking in de VS. Zij beheren 18 parkeerfaciliteiten bij 12 luchthavens, waaronder de grote internationale luchthavens bij Atlanta, Dallas, Houston, Minneapolis, San Francisco en Los Angeles. In totaal exploiteren ze meer dan 25.000 parkeerplaatsen.

In 2007 is bij Park 'N Fly een project uitgevoerd dat erop gericht was zowel een Revenue Management strategie te bepalen als de bijbehorende modellen te definiëren en implementeren.

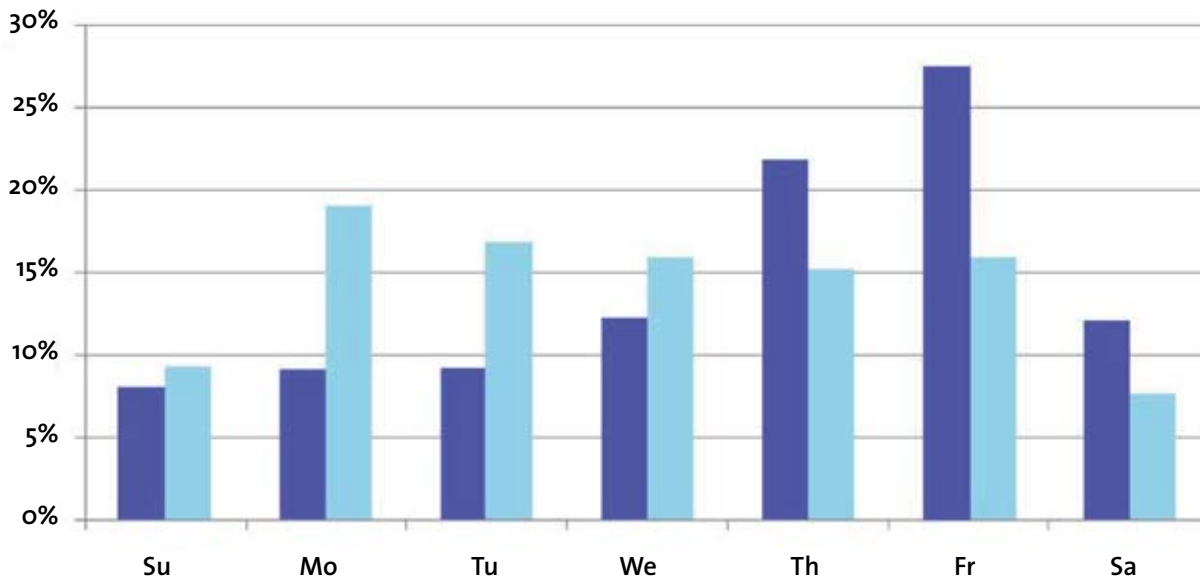
Park 'N Fly richt zich vooral op de zakelijke reiziger. Dit wordt gedaan door het leveren van excellente service. De passagier wordt bij zijn auto opgehaald door de shuttle, zodat hij niet hoeft te lopen met zijn bagage. Er rijdt ook minstens elke 5 minuten een shuttle tussen het parkeerterrein en de luchthaven, zodat reizigers niet worden geconfronteerd met onnodige wachttijden.

Klanten kunnen hun parkeerplek van te voren online reserveren via de website van Park 'N Fly. De meeste klanten maken echter geen reservering van te voren. Ook zijn er verschillende kortingen, bijvoorbeeld via kortingsbonnen of voor senioren. Een aantal bedrijven heeft een *corporate account* bij Park 'N Fly waarmee hun medewerkers korting krijgen. De reguliere tarieven verschillen per locatie, maar liggen over het algemeen rond de \$10 per dag. Een online reservering is meestal een dollar per dag goedkoper.

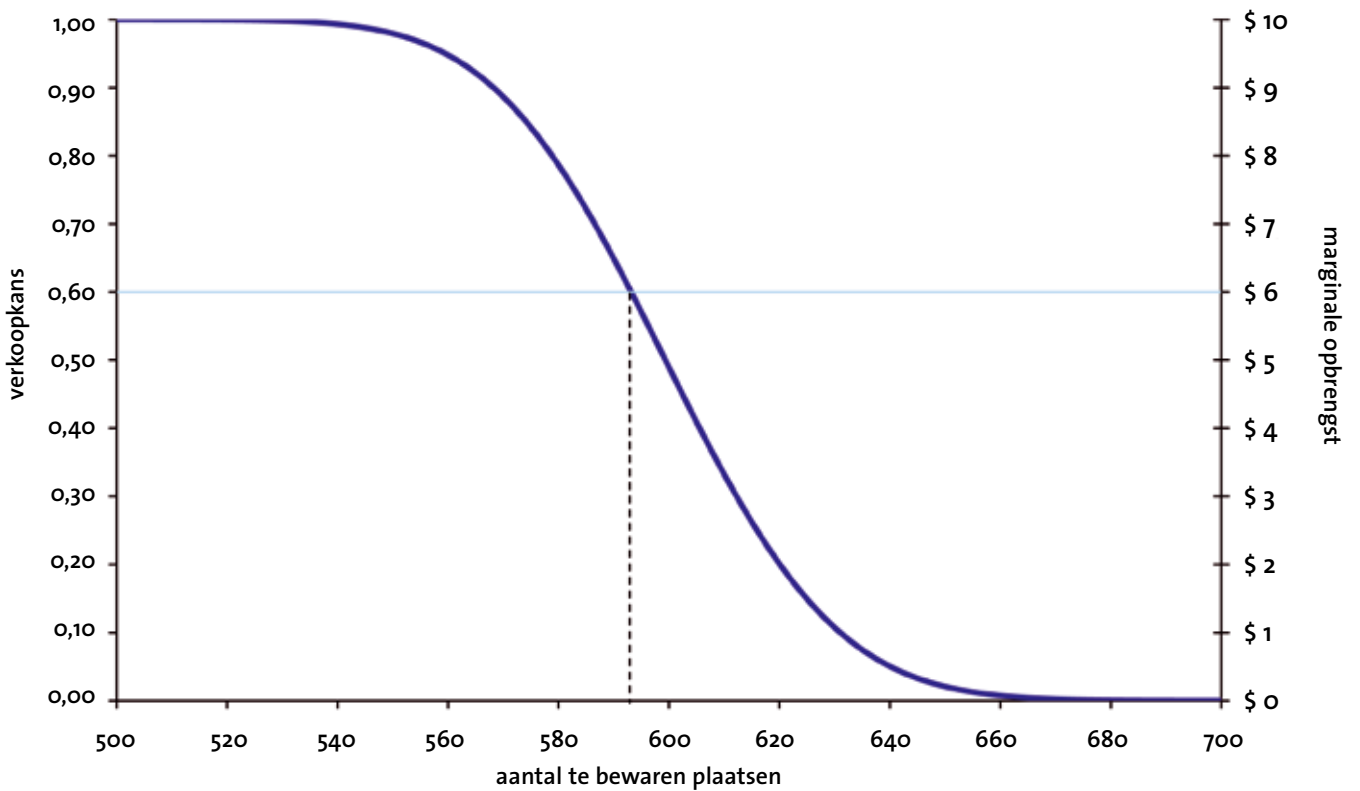
Uit verschillende systemen zijn er veel data beschikbaar. Voor elke auto is bekend op welk moment deze binnenkwam en weer wegging. Ook is er bekend of en wanneer de klant gereserveerd had, via een *corporate account* parkeerde of een bepaalde korting kreeg. Op deze manier is het parkeergedrag geanalyseerd.

Hieruit bleek dat veel locaties gedurende een aantal dagen in het midden van de week (bijna) helemaal vol zijn. De grootste groep klanten die op deze dagen parkeert heeft geen reservering of kortingen en betaalt dus de volle prijs. Ook zijn er relatief veel klanten die gebruik maken van een *corporate account*. De gemiddelde parkeerduur van deze groepen klanten is maar een paar dagen. Deze klanten lijken zakelijke reizigers te zijn die meer gefocust zijn op service dan op prijs.

In het weekend en in vakanties is het vaak minder druk. Dit geldt vooral op locaties waar veel (of goedkopere) concurrentie is. Op deze tijdstippen is het percentage klanten dat gebruik maakt van een kortingsregeling veel groter. Deze klanten lijken dus (prijsgevoelige) recreatieve rei-



Figuur 1: Verdeling over de weekdagen van de aankomstdag voor verschillende groepen klanten. Lichtblauw: Klanten tegen het reguliere tarief en met *corporate accounts*. Donkerblauw: reizigers die gebruik maken van een kortingsregeling (geen actietarief)



Figuur 2: Voorbeeld EMSR methode

zigers te zijn. Met de reguliere tarieven (en kortingen) worden er kennelijk nog niet genoeg van dit type reizigers aangetrokken waardoor er veel lege plekken overblijven.

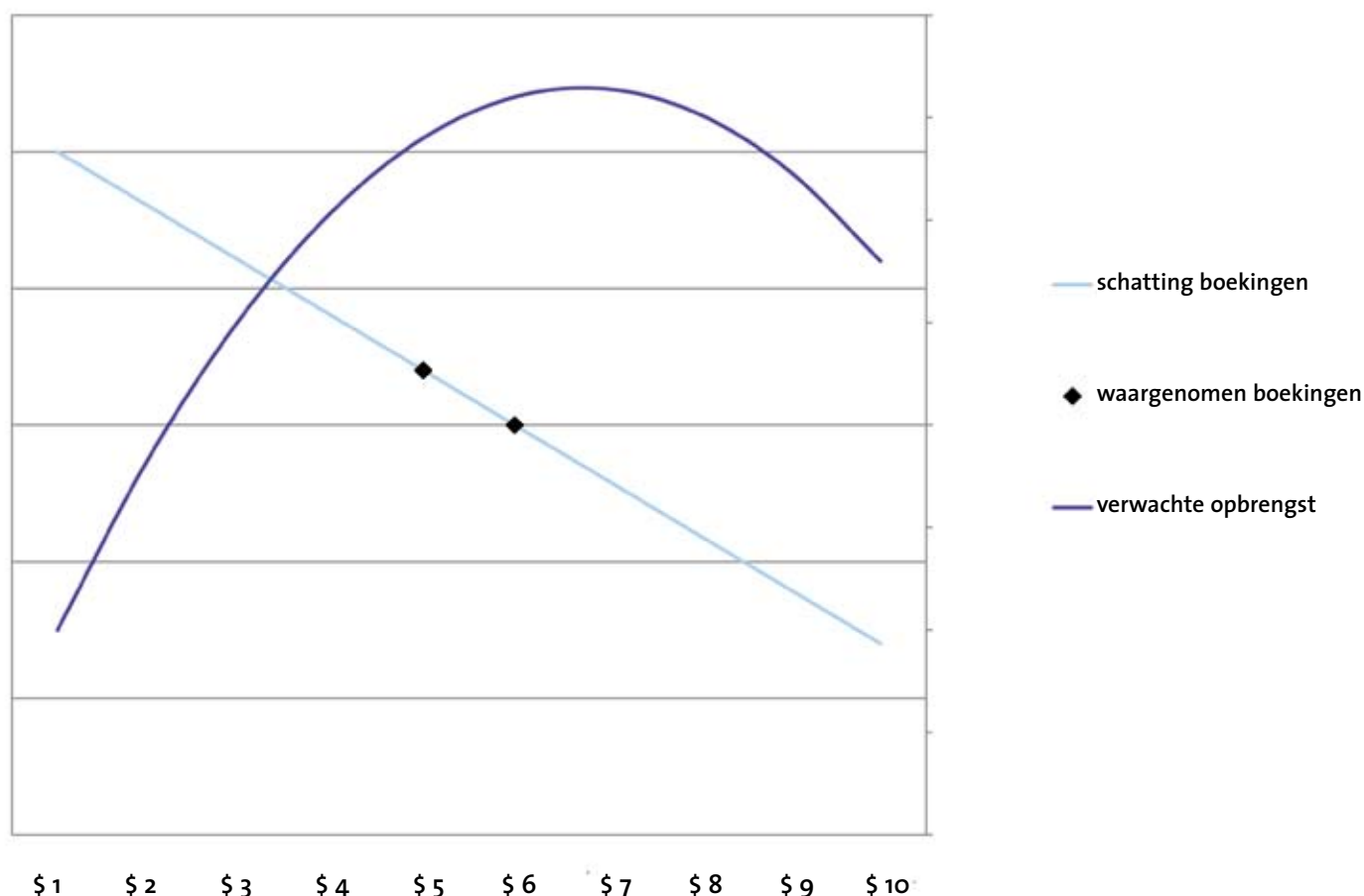
Om de bezetting te verhogen zouden we de tarieven kunnen verlagen. Dit levert echter niet gegarandeerd een hogere omzet op omdat de omzet van de huidige klanten (gedurende de rest van de week) hierdoor ook omlaag gaat.

Het toepassen van Revenue Management maakt het mogelijk om verschillende prijzen voor deze verschillende groepen klanten aan te bieden en tegelijkertijd de beschikbaarheid van (lagere) prijzen te beperken. In het geval van Park 'N Fly is er voor gekozen om de restcapaciteit (zoals de lege plekken in het weekend) tegen een lage prijs via een nieuw online kanaal gericht op de recreatieve reiziger te verkopen. De nadruk ligt bij dit kanaal op de lage prijs. Er wordt wel duidelijk gemaakt

dat het om een actietarief gaat met een beperkte beschikbaarheid.

Modellen

Bij het toepassen van deze strategie is het heel belangrijk om van dag tot dag te bepalen hoeveel plaatsen er maximaal tegen deze actieprijs aangeboden mogen worden: Als er teveel plaatsen verkocht worden, zijn er geen plekken meer beschikbaar voor (zakelijke) reizigers die zonder reservering komen aanrijden en een hoger tarief betalen. Als er te weinig plekken verkocht worden tegen het actietarief dan blijven er nog steeds lege plekken over. In beide gevallen loopt Park 'n Fly omzet mis. Omdat er grote fluctuaties zijn in bezetting op verschillende dagen en weken, wordt dit aantal plaatsen voor elke parkeerdag apart bepaald.



Figuur 3: Voorbeeld prijsgevoeligheid: Geschatte aantal boekingen en opbrengst bij verschillen de tarieven

Ook wordt deze schatting regelmatig herberekend op basis van actuele boekingsgegevens.

Bij deze berekeningen wordt een statistisch vraagvoorspellingsmodel gebruikt. Met behulp van historische data wordt voor elke dag een voorspelling gedaan van het aantal auto's dat aanwezig zal zijn op de parkeerplaats, uitgesplitst naar verschillende type klanten. Hierbij wordt rekening gehouden met weekpatronen (verdeling over de weekdays) en trends in de data.

De vraagvoorspelling is vervolgens invoer voor een optimalisatiemodel. Er moet worden bepaald hoeveel plaatsen er per dag maximaal mogen worden verkocht tegen het actietarief. Dit wordt gedaan door steeds de verwachte opbrengst van

het verkopen van nog een parkeerplaats tegen het reguliere tarief te vergelijken met het actietarief. Zolang de eerste groter is, willen we deze parkeerplaats ook nog 'bewaren' voor reguliere klanten. Zo kunnen we dus bepalen hoeveel plaatsen we moeten 'bewaren' en hoeveel er daarna overblijven om te verkopen tegen het actietarief. Dit is het zogenaamde Expected Marginal Seat Revenue Model (EMSR) van Belobaba (1989). In figuur 2 wordt deze methode geïllustreerd met een voorbeeld: Het actietarief is hierin \$6 (60% van het reguliere tarief van \$10). In de grafiek is het aantal plaatsen dat 'bewaard' wordt voor reguliere klanten afgezet tegen de kans dat al deze plaatsen verkocht worden. Door deze kans te vermenigvul-

digen met het reguliere tarief wordt de verwachte marginale opbrengst berekend. In de grafiek is te zien dat het geen zin heeft meer dan 593 plaatsen te bewaren omdat de marginale opbrengst dan lager is dan \$6.

Bij Park 'N Fly wordt er bij gebruik van de methode nog een verder onderscheid gemaakt tussen verschillende groepen klanten. Een andere complicerende factor is dat er rekening moet worden gehouden met de overlap in dagen tussen klanten met verschillende parkeerlengtes.

Ook moet per locatie de hoogte van het actietarief worden gekozen. Het nieuwe online kanaal biedt de mogelijkheid om het actietarief regelmatig aan te passen. Verschillende tarieven worden een aantal weken gehanteerd. Dit levert informatie op over het aantal boekingen bij verschillende prijzen. Hiermee kan de prijsgevoeligheid van de klanten geschat worden (zie figuur 3). De klanten die boekten via het nieuwe online kanaal bleken inderdaad prijsgevoelig te zijn. Een kleine tariefsverlaging leidde meestal tot een grote stijging in het aantal boekingen. Met behulp van de geschatte prijsgevoeligheid kan dan het tarief worden bepaald dat de meeste winst oplevert (zie figuur 3). Vanwege de grote prijsgevoeligheid ligt dit tarief meestal ver onder het reguliere tarief. Bij de vaststelling van het actietarief moet natuurlijk ook rekening worden gehouden met de boekingslimieten en capaciteit. Dit kan betekenen dat er een hoger tarief wordt gekozen omdat de vraag bij een lager tarief structureel hoger is dan de boekingslimieten.

Resultaten

Het nieuwe online reserveringskanaal is zeer succesvol gebleken. Het aantal boekingen (tegen het actietarief) via dit kanaal is relatief groot. Het komt regelmatig voor dat de boekingslimieten worden bereikt en de parkeerplaatsen die tegen

het actietarief worden aangeboden dus waren uitverkocht. Het is gelukt om via dit kanaal een nieuwe groep (prijsbewuste) klanten aan te trekken. Dit blijkt ook uit het feit dat het aantal transacties via de andere (al bestaande) kanalen tegen hogere tarieven niet significant is afgenomen.

Het toepassen van Revenue Management op de verschillende parkeerfaciliteiten heeft gemiddeld tot een omzetstijging van meer dan 7% geleid. De winststijging is nog groter omdat er nauwelijks extra kosten gemaakt worden voor het nieuwe reserveringskanaal.

Hiernaast heeft het project Park 'N Fly ook inzicht gegeven in het parkeergedrag van hun klanten. Ondanks dat er data beschikbaar waren, werd hier in het verleden weinig meegedaan. Het bedrijf heeft van dit project geleerd om meer gebruik te maken van kwantitatieve analyses, bijvoorbeeld om marketing acties te evalueren.

Revenue Management is een goed voorbeeld van succesvolle toepassing van OR-technieken. Tegenwoordig zijn in bijna elk bedrijf veel data beschikbaar over het gedrag van klanten. In veel bedrijven wordt echter weinig met deze data gedaan. Revenue Management is een methode die deze gegevens op een slimme manier gebruikt om de winst te maximaliseren. Ook in andere sectoren zijn er veel mogelijkheden om deze data te gebruiken voor het toepassen van Revenue Management en soortgelijke technieken.

LITERATUUR

P.P. Belobaba. Application of a probabilistic decision model to airline seat inventory control. *Operations Research*, 37(2), 183–197, 1989.

DR. MAARTEN SOOMER is werkzaam als Revenue Management consultant bij ORTEC. Hij is een van de oprichters van PReMa, het netwerk voor Pricing & Revenue Management professionals uit het bedrijfsleven en de academische wereld. PReMa organiseert regelmatig seminars en netwerkevenementen. Zie voor meer informatie: www.prema-netwerk.nl. E-mail: <Maarten.Soomer@ortec.com>.



EN WE WACHTTEN NOG LANG EN GELUKKIG

JOHAN VAN LEEUWAARDEN

De Deense wiskundige Agner Krarup Erlang (1878-1929) wordt gezien als de grondlegger van de wachtrijtheorie. Hij groeide op in het dorpje Lønborg waar zijn vader schoolmeester was, kreeg na de basisschool privélessen en had een voorliefde voor poëzie en sterren. Met de financiële steun van verre familie kon hij naar de Universiteit van Kopenhagen, waar hij in 1901 afstudeerde in de wiskunde. De zeven jaren daarop gaf Erlang les op verschillende scholen, in de voetsporen tredend van zijn vader. Maar zijn hart lag bij het onderzoek, en in 1908 accepteerde hij een baan als wetenschappelijk medewerker bij het Kopenhaagse telefoonbedrijf. Geïnspireerd door de gloednieuwe telefooncentrales publiceerde hij in 1909 de eerste stochastische modellering van wachtende klanten. De rest is geschiedenis.

Erlang berekende onder meer de blokkeringskansen (verloren gesprekken) en de wachtkansen (vertraagde gesprekken), nu beter bekend als de Erlang B en C formule. Het was het prille begin van het vakgebied dat eerst *congestion theory* en later *queueing theory* ging heten. Wachten doen we veelvuldig en allemaal. Vandaar ook dat de wachtrijtheorie, of beter 'van je ergernis je beroep maken', uitgroeide tot een niet meer weg te denken onderdeel van de toegepaste kansrekening. Het geesteskind van Erlang werd dit jaar honderd en leeft meer dan ooit. Om dat luister bij te zetten reisde ik af naar Denemarken voor The Erlang Centennial. Drie mooie voorjaarsdagen in Kopenhagen.

Het wachtrijgala ving aan op 1 april, in een zaal met kroonluchters en borstbeelden, op een steen-



Agner Krarup Erlang

worop afstand van de stoffige kamer waar Erlang honderd jaar daarvoor zijn formules had uitgedokterd. Sir John Kingman opende het bal met een prachtig betoog over de eerste, maar meer nog de tweede eeuw van ons vakgebied. Andere lezingen volgden, en na een dag doordrenkt van Erlangs ABC werd er getoost op de toekomst. Feestelijk, hoewel net als andere delen van Scandinavië ook Denemarken niet bepaald een plaats is om dronken te worden. Mijn glas droge huiswijn bleek 120 kronen waard. Erlang wist beter en verkoos een leven als geheelonthouder.

Maar het was mooi om nuchter te vertoeven in de stad van de meester. Op dag twee van het gala passeerde de foto van Erlang meermalen de revue. De indringende blik waarmee hij vanaf het diascherm steeds weer de zaal inkeek gaf me het gevoel dat hij onder ons was. De hoge resolutie verschaftte hem een haast lijfelijke aanwezigheid. Wel bleef hij zwijgen, zoals het de legende betaamt. Erlang, zijn naam werd vereeuwigd in de internationale eenheid van telefoonverkeer, een kansverdeling, een programmeertaal en een handvol formules. Wie was de man achter die baard en wat was de sleutel tot zijn succes?

Om te beginnen was Erlang ontegenzeggelijk de allereerste. Voor de geschiedschrijving prettig, want tijdgenoten in je vaarwater kunnen je onderdompelen. Het lot kent wrede spellingen, maar Erlang was zijn tijd zo ver vooruit dat niemand zal betwisten dat hem de ultieme eer van

eerste toekomt. Daarnaast was Erlangs werk in grote mate conceptueel. Hij ontwikkelde weliswaar een specifiek model, maar voor de analyse daarvan introduceerde hij Poisson aankomsten en statistisch evenwicht: methoden die zeer bruikbaar bleken en later in meer beproefde vormen verschenen in de theorie van de stochastische processen. Pólya en Szegő schreven het al: *'An idea which can be used only once is a trick. If one can use it more than once it becomes a method'*. Daarbij kwam dat Erlangs resultaten esthetisch waren: fraai van vorm en rijmend met de intuïtie. Maar bovenal was Erlangs werk verre van af, en dat is uitstekend, want niemand zit te wachten op het laatste woord. Erlangs oorspronkelijke werk kreeg vele vervolgen en werd daarmee tijdloos. Erlang werkte, bewust of onbewust, aan de voorloper van het monster dat internet heet, het allesverbindende netwerk, of in Kingmans woorden: *'the ultimate telephone exchange'*.

Terug naar Koppenhagen. Tijdens de laatste dans, het vorstelijke conferentiediner, begon ik me af te vragen wat Erlang zelf nu van dit alles zou vinden. Zou Erlang hebben voorzien dat we honderd jaar na dato zouden klinken op zijn hersenspinsels? Zou hij hebben geweten wat zijn werk teweeg zou brengen en nu ergens in tevredenheid toekijken? Bespiegelingen die als vanzelf opborrelen bij gelegenheden als deze. Het toetje met dessertwijn werd uitgeserveerd. Voldaan maar onwetend nam ik nog een slok toen een voor mij nieuwe ober als uit het niets verscheen. Het kunnen de vijf glazen wijn geweest zijn, maar ik meende in de ogen van die bebaarde ober met vlinderdas de blik van de meester te herkennen. En de ober, die zelf geen druppel dronk, schonk de glazen zwijgzaam bij en zag dat het goed was.

JOHAN VAN LEEUWAARDEN is werkzaam in de groep Stochastische Besliskunde bij de faculteit Wiskunde en Informatica van de TU Eindhoven. Tevens is hij research fellow bij EURANDOM.

E-mail: <j.s.h.v.leeuwaarden@tue.nl>.



ULTIEME WERELDRECORDS IN DE ATLETIEK

Op de Olympische Spelen in Beijing liep Usain Bolt een fenomenale wereldrecordtijd van 9,69 seconden op de 100 meter. Is dit het ultieme wereldrecord of kan er nog veel sneller gelopen worden? Om deze vraag te beantwoorden, passen we extreme-waardenstatistiek toe. We bestuderen naast de 100 meter voor mannen ook de 100 meter voor vrouwen en de marathon voor mannen en voor vrouwen. Tevens bepalen we de kwaliteit van de huidige wereldrecords op de genoemde disciplines.

JOHN EINMAHL & SANDER SMEETS

Extreme-waardentheorie wordt gebruikt bij statistische problemen waarbij onwaarschijnlijke gebeurtenissen een rol spelen. Deze theorie maakt het mogelijk om de staart van een kansverdeling te benaderen. Met behulp hiervan kunnen onder meer grote kwantielen van kansverdelingen geschat worden.

Extreme-waardentheorie kent veel mogelijke

toepassingen. Wij focussen op atletiek en onderzoeken wat het ultieme wereldrecord is op de 100m en de marathon, voor mannen en voor vrouwen. Onder het ultieme wereldrecord verstaan we de snelste tijd die in de zeer nabije toekomst gelopen zou kunnen worden. Naast het ultieme wereldrecord wordt ook de kwaliteit van de huidige wereldrecords geschat.

DISCIPLINE	AANTAL WAARNEMINGEN	SNELSTE TIJD	LANGZAAMSTE TIJD
100m mannen	762	9,72	10,30
100m vrouwen	479	10,65	11,38
marathon mannen	1329	2:04:26	2:13:36
marathon vrouwen	981	2:15:25	2:36:06

Tabel 1: Samenvatting gebruikte data

De data

Voor elk van deze vier atletiekdisciplines verzamelen we eerst de beste m persoonlijke records in de periode januari 1991 – juni 2008. We hebben ervoor gekozen om data van vóór 1991 te negeren. Zo proberen we zoveel mogelijk dopinggerelateerde tijden te vermijden. Aangezien we alleen persoonlijke records opnemen in onze datalist komt elke atleet slechts één keer voor. Dit zorgt ervoor dat de data vrijwel onafhankelijk van elkaar zijn. Het aantal waarnemingen varieert van 479 voor de 100 meter vrouwen tot 1329 voor de marathon mannen. Drie van de vier huidige wereldrecords vallen niet in onze waarnemingsperiode en zijn daarom niet opgenomen in de data. Tabel 1 geeft een overzicht.

Extreme-waardentheorie

We starten met een korte introductie van de extreme-waardentheorie. $X_{n:n}$ is het maximum van n onafhankelijke en gelijkverdeelde stochasten. Veronderstel dat de kansverdeling van $X_{n:n}$, geschaald en gecentreerd met twee deterministische rijen a_n en b_n , convergeert als n naar oneindig gaat. Dit betekent dat

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P((X_{n:n} - b_n)/a_n \leq x) = G(x)$$

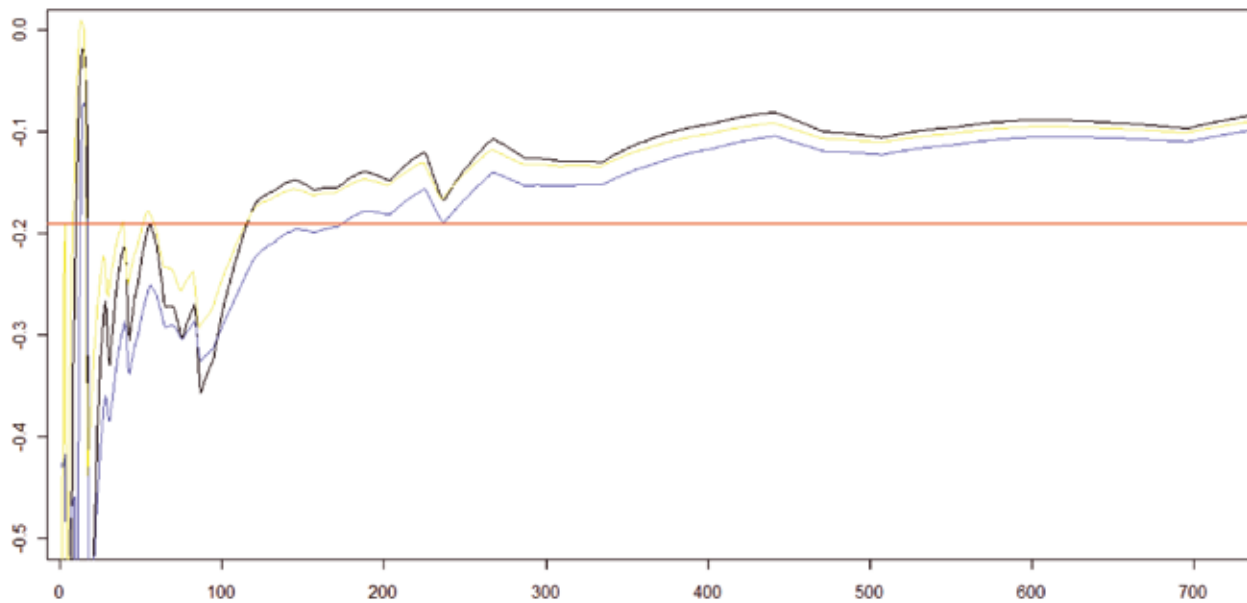
voor een zekere verdeling G . Dit noemen we

ook wel de extreme-waardenconditie. Extreme-waardentheorie vertelt ons nu meer over de verdeling G . De rijen a_n en b_n , kunnen namelijk zo gekozen worden dat de limietverdeling G gelijk is aan de zogeheten extreme-waardenverdeling G_γ waarbij $G_\gamma(x) = \exp(-(1+\gamma x)^{-1/\gamma})$. Merk op dat deze extreme-waardenverdeling wordt gekenmerkt door slechts een parameter: de extreme-waardenindex γ , een reëel getal.

Een extreme-waardenindex γ kleiner dan 0 garandeert dat het rechte eindpunt van de kansverdeling eindig is. Voor ons onderzoek dienen we daarom te weten of γ kleiner dan 0 is. In dat geval is met behulp van het bovenstaande het eindpunt te benaderen. De formule is $b_{n/k} - a_{n/k}/\gamma$. De parameter k heeft te maken met het aantal waarnemingen dat wordt meegenomen in de schatting; meer hierover volgt later. Om het eindpunt te schatten dienen uiteindelijk de extreme-waardenindex γ en de twee rijen $a_{n/k}$ en $b_{n/k}$ geschat te worden.

Het schatten van γ

We gebruiken drie bekende schatters voor γ : de momentenschatter, de maximum-likelihoodschatter en de adapted Hillschatter. Nadat we onze n waarnemingen geordend hebben, gebruiken we de k grootste waarnemingen voor de γ -schatters. Voor grotere k nemen we meer waarnemingen



Figuur 1: De drie γ -schatters als functie van k . De momenten-, maximum-likelihood- en adapted Hillschatter worden respectievelijk weergegeven door de zwarte, blauwe en gele lijn. De rode lijn geeft de uiteindelijke schatting van γ aan

mee in onze schatter en wordt de variantie kleiner. Echter, hoe groter k hoe verder we van de staart van de verdeling verwijderd zijn. Een grote k kan daarom onzuiverheid veroorzaken. Uiteindelijk zullen we een juiste balans tussen onzuiverheid en variantie moeten vinden. In de praktijk blijkt dit een nogal lastige klus te zijn.

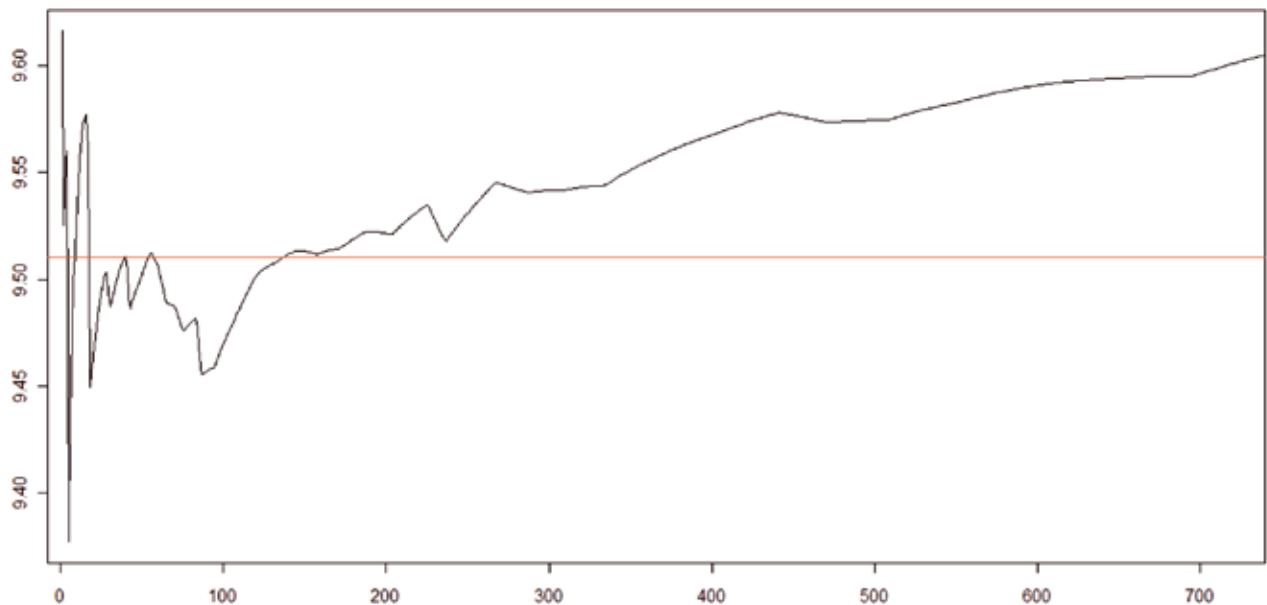
Figuur 1 geeft de drie γ -schatters weer voor de 100m mannen. Voor lage k -waardes suggereert de grafiek inderdaad een grote variantie; voor grote waardes van k wordt de mogelijke onzuiverheid zichtbaar door het omhoog lopen van de schatters.

Om een juiste keuze voor k te maken hebben we ervoor gekozen om de Aymptotic Mean Squared Error (AMSE) van de schatter te minimaliseren over k . De AMSE bij een bepaalde k is gedefinieerd als de gekwadrateerde asymptotische onzuiverheid plus de asymptotische variantie van de schatter. Het schatten van de variantie en in het bijzonder het schatten van de onzuiverheid is

echter niet eenvoudig. We hebben een methode uit Beirlant et al (2004) aangepast. De definitieve waarde van elke γ -schatter is vervolgens gebaseerd op het gemiddelde van de γ -schatters over het gekozen k -gebied. Omdat we drie verschillende γ -schatters hebben resulteert dit in drie verschillende waardes voor γ . Om ten slotte op één waarde voor γ uit te komen, kiezen we de mediaan van deze drie. De gevonden waardes voor γ zijn weergegeven in tabel 2.

DISCIPLINE	γ -SCHATTER
100m mannen	-0,19
100m vrouwen	-0,18
marathon mannen	-0,31
marathon vrouwen	-0,07

Tabel 2: De geschatte waardes van γ



Figuur 2: Het geschatte eindpunt voor de 100m mannen als functie van k . De rode lijn geeft de uiteindelijke schatting van het eindpunt weer

Zoals eerder vermeld, dient γ kleiner te zijn dan 0 om het bestaan van het eindpunt te kunnen garanderen. De γ voor de marathon vrouwen is echter zo dicht bij 0 dat het niet zeker is dat de werkelijke γ kleiner is dan 0. Daarom kiezen we ervoor om het eindpunt van de marathon vrouwen niet te schatten.

Het schatten van het eindpunt

Om tot een eindpunt te komen zijn nog een schatter voor $a_{n/k}$ en $b_{n/k}$ nodig. De schatters voor $a_{n/k}$ en $b_{n/k}$ zijn gebaseerd op twee veel gebruikte schatters (zie bijvoorbeeld de Haan en Ferreira, 2006). Net zoals de γ -schatters, hangen ook deze schatters af van k . Voor γ was het mogelijk om een optimale waarde voor k te bepalen; voor deze schatter kiezen we ervoor om deze afhankelijkheid van k te behouden. De geschatte waarden voor γ , $a_{n/k}$ en $b_{n/k}$ worden dan ingevuld in de eindpuntformule. De grafiek in figuur 2 geeft het eindpunt voor de 100 meter mannen als functie

van k . Deze grafiek geeft al weer dat het geschatte eindpunt rond de 9,50 seconden ligt. Een AMSE methode is hier moeilijker toe te passen. De keuze voor k is daarom gebaseerd op de eerder gevonden waarden van k voor het schatten van γ .

De ultieme wereldrecords

De horizontale lijn in bovenstaande grafiek laat zien dat het uiteindelijk geschatte eindpunt voor de 100 meter mannen ligt bij 9,51 seconden. Dit kan daarom geïnterpreteerd worden als het geschatte ultieme wereldrecord. Dezelfde methodes zijn toegepast om te komen tot de eindpunten van de overige twee disciplines. Tabel 3 geeft een overzicht.

De 100 meter voor mannen en vrouwen laten een mogelijke verbetering zien van respectievelijk 0,18 seconden (1.9%) en 0,16 seconden (1.5%). Voor het geschatte ultieme wereldrecord is ook een 95% linkszijdig betrouwbaarheidsinterval bepaald. Deze ondergrenzen liggen nog wat tienden van

DISCIPLINE	HUDIGE WR	ULTIEME WR	ONDERGREN5 ULTIEME WR
100m mannen	9,69	9,51	9,21
100m vrouwen	10,49	10,33	9,88
marathon mannen	2:03:59	2:03:55	2:02:53

Tabel 3: De huidige en ultieme wereldrecords. De laatste kolom geeft de 95%-ondergrens voor het ultieme wereldrecord aan

een seconde lager. Het ultieme wereldrecord voor de marathon is slechts 4 seconden verwijderd van het huidige wereldrecord. De ondergrens laat echter zien dat er nog een verbetering van 1:06 minuten mogelijk is.

heeft echter de hoogst mogelijke kwaliteit. Een verbetering van dit wereldrecord is daarom erg moeilijk; zeker moeilijker dan een verbetering van de wereldrecords in andere atletiekdisciplines. De verbetering van het wereldrecord op de 100m van Usain Bolt blijkt het ‘minst moeilijk’ te zijn!

De kwaliteit van het huidige wereldrecord

De gebruikte kwaliteitsmaat is gebaseerd op het verwachte aantal atleten dat het huidige wereldrecord kan verbeteren. Voor het schatten van dit verwachte aantal gebruiken we de methode uit Einmahl en Magnus (2008), die uniform verdeelde waarden tussen 0 en 1 geeft. Hoe dichter bij 1, hoe beter het huidige wereldrecord. Tabel 4 geeft de kwaliteit van de huidige wereldrecords voor elke discipline:

Wat meteen opvalt, is de hoge kwaliteit van alle vier de wereldrecords. Het huidige wereldrecord op de marathon mannen van Haile Gebrselassie

LITERATUUR

J. Beirlant, Y. Goegebeur, J. Segers, J. Teugels (2004), *Statistics of Extremes: Theory and Applications*, Wiley, Chicester.

J. Einmahl, J. Magnus (2008), ‘Records in Athletics through Extreme-Value Theory’, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 103, 1382-1391.

L. de Haan, A. Ferreira (2006), *Extreme Value Theory: An Introduction*, Springer, New York.

JOHN EINMAHL is hoogleraar statistiek aan de Universiteit van Tilburg, Dept. Econometrie & OR en CentER.

E-mail: j.h.j.einmahl@uvt.nl

SANDER SMEETS is werkzaam als junior actuaaris bij AZL te Heerlen.

E-mail: sander.smeets@azl.eu.

DISCIPLINE	HUDIGE WR	KWALITEIT HUDIGE WR
100m mannen	9,69	0,73
100m vrouwen	10,49	0,98
marathon mannen	2:03:59	1,00
marathon vrouwen	2:15:25	0,74

Tabel 4: De kwaliteit van de huidige wereldrecords op een schaal van 0 tot 1



KANSREKENING IN DE MUZIEK

Een schijnbaar eenvoudige vraag over het kiezen van een muziekstuk voor een trio leidt tot een kansrekening probleem met een aantal onverwachte kanten.

MARGUERITE J.N. BROUWER & FRED W. STEUTEL

Drie muzikanten willen een stuk kiezen om samen te spelen. Ze kunnen kiezen uit 22 mogelijkheden en willen dat zo eerlijk mogelijk doen. Ze besluiten tot de volgende procedure: elk van de drie kiest onafhankelijk van de anderen 7 stukken uit met de bedoeling een stuk te gaan spelen dat in elk van de drie gekozen zeventallen voorkomt.

Probleem: het is niet zeker dat er voldoende overlap in de zeventallen zal zijn. Vraag: wat is de kans dat het lukt, dat wil zeggen wat is de kans dat de drie zeventallen minstens één muziekstuk gemeen hebben, dat hun doorsnede niet leeg is?

Het ligt voor de hand om het probleem wat algemener te bekijken. Het blijft over een trio

gaan, maar het aantal muziekstukken waaruit gekozen kan worden, wordt gegeneraliseerd tot n en het aantal stukken dat elk van de muzikanten kiest wordt aangegeven met k . Wat kunnen we te weten komen over de toevalsvariabele $S = S(k, n)$, het aantal stukken in de doorsnede van de drie k -tallen?

Verwachting en variantie

We zouden liefst de kansverdeling weten van het aantal stukken, zeg S , dat door alle drie musici wordt gekozen, maar dat lijkt (te) lastig. Omdat verwachting nemen een lineaire operatie is: $E(X+Y) = EX + EY$, kunnen we ES uitrekenen:

$$S(k, n) = X(1) + X(2) + \dots + X(n),$$

Waarbij $X(j)$ de bijdrage is van het j -de muziekstuk tot de de gemeenschappelijke doorsnede. Natuurlijk kan $X(j)$ alleen maar nul of een zijn. Dit betekent dat $EX(j) = P(X(j) = 1)$. De kans dat $X(1)$ een is, is gelijk aan de kans dat alle drie spelers nummer 1 kiezen. De kans dat een speler nummer 1 kiest is k/n , en omdat de spelers onafhankelijk van elkaar kiezen is de kans dat ze alle drie nummer 1 kiezen gelijk aan $(k/n)^3$. Dit getal is tevens de verwachting van het aantal (nul of een) keer dat 1 in de doorsnede voorkomt. Dit geldt voor alle n nummers, dus het verwachte aantal nummers in de doorsnede is n keer zo groot, dat wil zeggen gelijk aan k^3/n^2 , dus

$$ES(k, n) = k^3/n^2. \quad (1)$$

Voor $n = 22$ en $k = 7$ levert dit $ES(7, 22) = 0,79$. Dit betekent dat $P(S > 0)$, de kans op een niet-lege

doorsnede, kleiner is dan 0,79. Op een soortgelijke manier kan de variantie van S worden uitgerekend. We vinden

$$\text{Var } S(k, n) = ES(k, n) - ES(k, n) (ES(k, n) - ES(k-1, n-1)). \quad (2)$$

We komen hier aan het einde nog even op terug.

De kans op een niet-lege doorsnede

We berekenen nu de kans dat de doorsnede niet leeg is: $P(S > 0)$. Het is makkelijker om de complementaire kans uit te rekenen, dus $P(S = 0)$ is de kans op geen gemeenschappelijke keuze.

Wat moet hiervoor allemaal gebeuren? We laten de drie muzikanten, zeg I, II en III, na elkaar k stukken kiezen. Voor muzikant I zijn er geen beperkingen; hij mag kiezen wat hij wil. De tweede mag ook kiezen wat hij wil, maar het is verstandig om zijn keuzes uit te splitsen naar het aantal nummers dat hij met I gemeen heeft, zeg m , waarbij m de waarden $0, 1, \dots, k$ kan aannemen. Speler III mag geen nummer uit de doorsnede van de keuzen van I en II kiezen. Zoals bekend wordt het aantal mogelijkheden om b 'dingen' te kiezen uit a dingen gegeven door de binomiaalcoëfficiënt

$$\binom{a}{b} = a! / (b! (a-b)!).$$

Het totaal aantal mogelijkheden dat een speler heeft om k stukken te kiezen uit de beschikbare n is dus $\binom{n}{k}$. De kans dat een speler een specifieke keuze maakt is gelijk aan het aantal mogelijkheden voor deze specifieke keuze gedeeld door $\binom{n}{k}$. Omdat speler I alles mag kiezen, is de kans dat hij k stukken kiest – onverschillig welke – gelijk aan 1. Speler II mag m (gelijk aan $0, 1, \dots, k$) stukken kie-

zen van de k die I al heeft gekozen en $k-m$ uit de overige $n-k$; dat geeft $\binom{k}{m} \binom{n-k}{k-m}$ mogelijkheden. Tenslotte mag speler III geen van deze m stukken kiezen; hij kiest dus alle k stukken uit $n-m$. Dit leidt tot $\binom{n-m}{k}$ mogelijkheden. Voor vaste m geeft dit samen

$$\binom{k}{m} \binom{n-k}{k-m} \binom{n-m}{k}$$

mogelijkheden. Om alle mogelijkheden te krijgen moeten we deze uitdrukking sommeren over de waarden $0, 1, 2, \dots, k$ voor m . Om de kans uit te rekenen moeten we deze som nog delen door het totaal aantal mogelijkheden voor spelers I en II. Het antwoord wordt dus

Voor $n = 22$ en $k = 7$ levert dit $P(S(7, 22) > 0) = 0,55$

$$P(S(k, n) = 0) = 1 / \binom{n}{k} \sum_{m=0}^k \binom{k}{m} \binom{n-k}{k-m} \binom{n-m}{k}$$

De drie muzikanten hadden dus meer dan 50% kans om minstens 1 muziekstuk gelijk te kiezen. Met hun gevoelsmatig gekozen aantal van 7 uit de 22 waren ze op de goede weg. Overigens bleek ook dat ze 1 stuk gemeenschappelijk hadden gekozen. Dat staat nu op het repertoire!

De eerste auteur vond exact dezelfde oplossing als hierboven door op een heuristische manier, beginnend met simpele gevallen, een formule af te leiden voor de kans op een lege doorsnede bij keuze van k uit n . Hierbij kwamen een soort rups patronen in de driehoek van Pascal naar voren waaruit de oplossing ook voor willekeurige k en n zonder meer af te lezen bleek! Voor de verdere bespreking hiervan is in dit artikel helaas geen plaats.

In de tabel hieronder zijn voor een aantal waarden van k en n de grootheden $ES(k, n)$, $VarS(k, n)$ en $P(k, n) := P(S(k, n) > 0)$ aangegeven. Het is niet moeilijk om in te zien dat $P(k, n) = 1$ als $k > 2n/3$.

$P(10,3) = 0,257$	$P(10,5) = 0,823$	$P(10,7) = 1$
$P(15,5) = 0,470$	$P(15,7) = 0,870$	$P(15,10) = 1,000$
$P(20,5) = 0,286$	$P(20,7) = 0,632$	$P(20,10) = 0,972$
$P(22,7) = 0,552$	$P(22,9) = 0,857$	$P(22,11) = 0,920$
$P(30,5) = 0,134$	$P(30,10) = 0,323$	$P(30,15) = 0,996$
$P(50,5) = 0,049$	$P(50,15) = 0,781$	$P(50,20) = 0,981$

Benaderingen

Hiervoor hebben we $ES(k, n)$ en $Var S(k, n)$ uitgerekend. De waarden van deze grootheden zullen weinig verschillen voor waarden van (n, k) die dicht bij elkaar liggen. Volgens de formules (1) en (2) zijn dan $ES(k, n)$ en $Var S(k, n)$ bijna gelijk. Dit suggereert dat $S(k, n)$ bij benadering een Poisson-verdeling heeft met parameter μ gegeven door $\mu = k^3 / n^2$. Voor $n=22$ en $k=7$ vinden we dan $\mu = 0,71$, zodat $P(S(7, 22) > 0) \approx 1 - \exp(-0,71) = 0,51$, niet zo veel verschillend van de 0,55 die we in sectie 3 hebben gevonden. Het voordeel van deze benadering is dat we ook de kansen op bijvoorbeeld 3 of 4 te spelen stukken kunnen benaderen.

DANK

We danken Cor Schuurmans, meteoroloog en amateur muzikant, voor zijn immer inspirerende opmerkingen.

MARGUERITE J.N. BROUWER is fysisch geograaf, oud-werknemer van Shell en amateur muzikant.

E-mail: <marbrouw@gmail.com>

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar kansrekening aan de TU Eindhoven.

E-mail: <f.w.steutel@tue.nl>.

HET INDIVIDU IN PSYCHOLOGISCH ONDERZOEK

Wetenschappelijk psychologisch onderzoek is voornamelijk gebaseerd op het onderzoeken van representatieve steekproeven zodat de resultaten gegeneraliseerd kunnen worden naar de populatie waaruit de steekproef afkomstig is. Hoewel dit een zinvolle aanpak is wanneer we populaties willen beschrijven, is het niet per se informatief als we geïnteresseerd zijn in psychologische processen die zich afspelen binnen het individu. Om dat laatste te onderzoeken kan gebruik worden gemaakt van tijdreeksanalyse, een klasse van technieken die vooral veel in de econometrie wordt gebruikt.

ELLEN HAMAKER

Toen ik in 1994 aan de opleiding Psychologie in Utrecht begon, verwachtte ik dat in deze studie het individu centraal zou staan. Ik was dan ook – enigszins onaangenaam – verrast toen ik merkte dat wetenschappelijk psychologisch onderzoek vrijwel uitsluitend gebaseerd is op representatieve steekproeven die worden gebruikt om te kunnen generaliseren naar de populatie. Dit roept de vraag op hoe deze eenzijdige nadruk op de populatie in psychologisch onderzoek is ontstaan, wat de beperkingen ervan zijn, en of er een alternatief is.

Een korte geschiedenis

Vier grondleggers van de statistische methodes die vandaag de dag gebruikt worden in psychologisch onderzoek zijn Francis Galton, Karl Pearson, Charles Spearman en Ronald Aylmer Fisher. Alle vier waren zij geïnteresseerd in de mogelijkheid om de ideeën van Darwin over erfelijkheid en natuurlijke selectie toe te passen op de verdeling van menselijke eigenschappen in de populatie (Cowles 1989; Desrosières 1998). Om dit te onderzoeken richtte Galton in 1884 zijn antropometrische laboratorium op, waar hij mentale en fysieke kenmerken mat van meer dan

9000 personen. Galton was zelf niet in staat deze gegevens op mathematische wijze samen te vatten, maar hij spoorde Pearson aan om hier een maat voor te ontwikkelen, wat resulteerde in de bekende product moment correlatie coëfficiënt.

Om intelligentie – wat destijds werd gezien als gelijk aan evolutionaire ‘fitness’ – te meten, gebruikte Galton verschillende fysiologische maten, zoals reactietijd en sensorische activatie. Dergelijke maten bleken echter weinig samenhang te vertonen met elkaar of met andere variabelen die golden als externe maten voor intelligentie, zoals opleiding en beroep. Spearman weet dit gebrek aan samenhang aan meetfouten en ontwikkelde een primitieve vorm van factoranalyse om het gemeenschappelijke in deze maten, wat hij algemene intelligentie of ‘g’ noemde, te bepalen.

Het werk van Galton en Pearson was gebaseerd op zeer grote steekproeven en zij bekommerden zich niet over mogelijke discrepanties tussen populatie- en steekproefparameters. Fisher realiseerde zich echter dat dergelijke grote steekproeven onpraktisch waren en ontwikkelde daarom technieken om de schatting van een parameter te kunnen vergelijken met een theoretische parameter.

De technieken die zodoende werden ontwikkeld, bleken bijzonder nuttig voor de maatschappij. Door

de industrialisatie waren veel specifieke beroepen ontstaan en hierdoor groeide de noodzaak om mensen op grond van hun intelligentie en capaciteiten te selecteren. De succesvolle toepassing van intelligentietests in het onderwijssysteem en het leger overtuigde het grote publiek aan het begin van de 20^{ste} eeuw van het belang van deze vorm van psychologie. Uiteindelijk werden de analysetechnieken die waren ontwikkeld in het kader van intelligentie- en erfelijkheidsonderzoek ook gebruikt om andere psychologische fenomenen te onderzoeken.

Beperking van populatietechnieken

Een belangrijk deel van de psychologie houdt zich bezig met de verdeling van eigenschappen zoals intelligentie of extraversie in de populatie, hoe dergelijke eigenschappen samenhangen in de populatie, en hoe dit kan verschillen tussen populaties. Voor deze vraagstukken zijn de technieken die oorspronkelijk waren ontwikkeld vanuit een interesse naar erfelijkheid uitermate geschikt. Er is echter ook een belangrijk deel van de psychologie dat zich bezighoudt met processen, zoals informatieverwerking, emotieregulatie, of dyadische interacties, zoals tussen moeder en kind of tussen echtgenoten. Dergelijke psychologische processen vinden plaats binnen (of, in het geval van een dyade, tussen) individuen, en het is niet vanzelfsprekend dat deze fenomenen ook het best onderzocht kunnen worden met technieken die zijn ontwikkeld om de verdeling van variabelen in een populatie te onderzoeken.

Sommige psychologische onderzoekers zijn van mening dat verschillen tussen individuen gebruikt kunnen worden om inzicht te krijgen in processen binnen individuen. Dit wordt heel expliciet verwoord door McCrae en John, twee belangrijke persoonlijkheidsonderzoekers: *'Personality processes, by definition, involve some change in the thoughts, feelings, and actions of an individual; all these intra-individual changes seem to be mirrored by interindividual differences in characteristic ways of thinking, feeling, and*

acting' (McCrae & John 1992, p. 199)

Het is echter eenvoudig om te laten zien dat het verband dat binnen een persoon bestaat (intra-individueel) geen enkele relatie hoeft te hebben met wat men op populatieniveau (interindividueel) vindt. Laten we hiervoor kijken naar de relatie tussen sociaalheid (sociability) en verlegenheid, twee indicatoren van extraversie. Op populatieniveau bestaat een negatieve samenhang tussen deze twee variabelen: mensen die hoog scoren op verlegenheid, scoren over het algemeen laag op sociaalheid en vice versa. Dit is links in figuur 1 weergegeven. Maar wat zegt dit over de manier waarop die twee variabelen samenhangen binnen een persoon over de tijd en in verschillende situaties? Betekent de negatieve samenhang op populatieniveau dat als een bepaald persoon zich in een bepaalde situatie minder verlegen voelt hij zichzelf ook als sociaal ervaart en omgekeerd?

Wanneer we kijken naar de relatie tussen sociaalheid en verlegenheid binnen personen zoals in figuur 1 weergegeven, worden drie zaken duidelijk. Ten eerste is de variatie binnen personen minder groot dan de variatie tussen personen. Ten tweede blijkt dat de relatie tussen de variabelen binnen personen niet gelijk hoeft te zijn aan de relatie tussen de variabelen op populatieniveau. Ten derde blijkt dat de relatie tussen de variabelen binnen personen ook weer kan verschillen tussen personen. Voor persoon A bestaat dezelfde negatieve relatie tussen verlegenheid en sociaalheid als op populatieniveau; voor persoon B hangen de twee variabelen niet samen; en voor persoon C is er een positief verband, misschien omdat als hij een sterkere behoefte voelt om sociaal te zijn, zijn gevoelens van verlegenheid ook toenemen.

Bovenstaand voorbeeld maakt duidelijk dat er geen één op één relatie is tussen dat wat op populatieniveau gevonden wordt, en dat wat zich binnen personen afspeelt. Om een beter inzicht te krijgen in hoe processen zich binnen individuen ontvouwen over de tijd, moeten we gebruik maken van andere analysetechnieken dan de

standaardmethodes die binnen de psychologie onderwezen en gebruikt worden.

Tijdreeksanalyse als alternatief

Tijdreeksanalyse is een techniek die veel in de economie wordt gebruikt, bijvoorbeeld om dagkoersen, werkeloosheidscijfers of omzet te modelleren en te voorspellen. Men spreekt van een tijdreeks als er een groot aantal (bijvoorbeeld 50 of meer) herhaalde metingen van hetzelfde geval zijn. Het kan daarbij gaan om een populatie waarvan men herhaaldelijk het percentage werkelozen bepaalt, het kan de dollar zijn waarvan men dagelijks bepaalt wat de stand ten opzichte van de euro is, maar het kan ook een persoon zijn waarvan herhaaldelijk wordt gemeten hoe snel hij reageert op een stimulus op een computerscherm, of waarvan men dagelijks de stemming bepaalt.

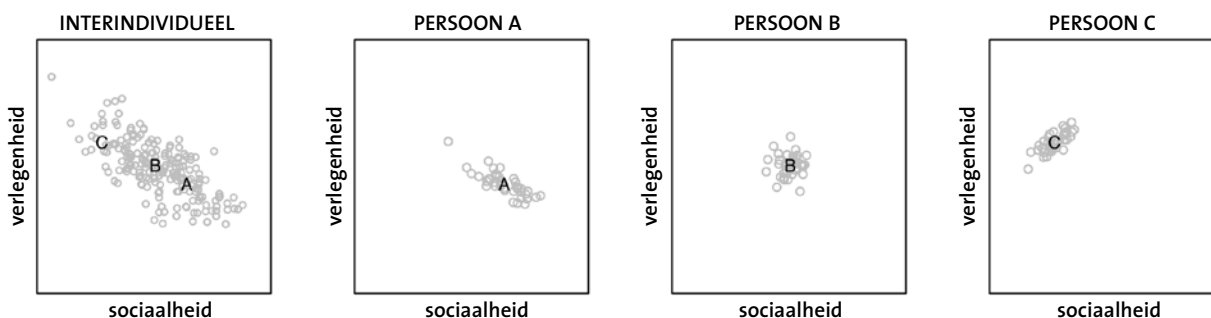
Een van de toepassingen van tijdreeksanalyse in psychologisch onderzoek is om na te gaan of de dimensies (of factoren) die onderliggend zijn aan de verschillen tussen personen ook op individueel niveau terug te vinden zijn. Een andere toepassing bestaat uit het onderzoeken hoe twee (of meer) variabelen elkaar beïnvloeden. Denk hierbij aan het modelleren van dyadische interacties in observatiestudies, waarbij onderzocht wordt of en hoe partners elkaar beïnvloeden, maar ook aan de mogelijkheid om aanwijzingen voor een causale relatie tussen twee variabelen, bijvoorbeeld angst

en depressie, te vinden: volgen veranderingen in angst op veranderingen in depressie, of omgekeerd? Tevens kan tijdreeksanalyse gebruikt worden om te onderzoeken of een bepaalde behandeling effect heeft gehad op een specifiek individu, waarbij men rekening houdt met de variabiliteit die er binnen dit individu over de tijd bestaat.

Mijn huidige onderzoek is vooral gericht op (het gebruik van) regime-switching modellen. Dergelijke modellen bieden de mogelijkheid om te onderzoeken of een persoon switcht tussen verschillende psychologische toestanden. Een voorbeeld hiervan is de stemmingswisselingen van manisch-depressieve patiënten, die switchen tussen een toestand van manie en een toestand van depressie. Recent heb ik met collega's verschillende regime-switching modellen vergeleken om de stemmingsfluctuaties van een manisch-depressieve patiënt te beschrijven (Hamaker, Grasman, en Kampuis, in druk). Dergelijk onderzoek kan helpen om meer inzicht te krijgen in het disfunctioneren van de onderliggende mechanismes die van belang zijn voor emotieregulatie.

Combineren van tijdreeksanalyse en populatietechnieken

Wat vaak als nadeel wordt gezien van het gebruik van tijdreeksanalyse in psychologisch onderzoek, is dat er voor ieder individu wat anders uit kan komen. De geuite kritiek hierbij is dat dit uiteindelijk zal resulteren in een afzonderlijke psychologie



Figuur 1. Relatie tussen sociaalheid en verlegenheid tussen personen (links), en voor drie personen op intra-individueel niveau (herhaalde metingen). De gemiddeldes van de drie personen over de tijd zijn aangegeven met A, B en C

voor ieder individu, zodat er van wetenschap weinig meer terecht komt. Hoewel een dergelijke ontwikkeling natuurlijk niet wenselijk is, moet men zich ook realiseren dat als die verschillen bestaan, het probleem niet is opgelost door gebruik te maken van technieken die dergelijke verschillen uitsluiten. Als men geïnteresseerd is in psychologische processen is het van belang om technieken te gebruiken die enerzijds recht doen aan het individu, en anderzijds ook de mogelijkheid bieden om informatie van een groot aantal individuen op kwantitatieve wijze samen te vatten.

Voor een deel wordt hieraan tegemoet gekomen door bestaande multilevel (of random coëfficiënt) modellen voor longitudinale data. Veel van deze modellen zijn echter ontwikkeld voor een klein aantal herhaalde metingen en geven een weinig gedetailleerd beeld van de processen die zich binnen individuen afspelen. Een belangrijke uitdaging waar psychometrici en statistici daarom nu voor staan, is het ontwikkelen van meer geavanceerde multilevel modellen. Een goed uitgangspunt hiervoor zijn de tijdreeksmodellen die hun nut al hebben bewezen als het gaat om het beschrijven van psychologische processen op individueel niveau.

LITERATUUR

- Cowles, M. (1989). *Statistics in psychology: An historical perspective*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Desrosières, A. (1998). *The politics of large numbers*. Cambridge: Harvard University Press.
- Hamaker, E.L., Grasman, R.P.P., & Kamphuis, J.-H. (in druk). Regime-switching models to study psychological processes. In P.C.M. Molenaar & K. Newell (Eds). *Learning and development: Individual pathways of change*. American Psychological Association.
- McCrae, R.R., & John, O.P. (1992). An introduction to the Five-Factor model and its applications. *Journal of Personality*, 60, 175-215.

ELLEN HAMAKER is universitair docent en onderzoeker aan de Universiteit Utrecht, departement Methoden en Technieken, Faculteit Sociale Wetenschappen. Zij ontving in 2005 een VENI subsidie van NWO voor het project 'Time series models to study nonstationary psychological processes'. E-mail: <E.L.Hamaker@uu.nl>.

WHAT'S HAPPENING IN STATISTICS ?

De auteur is op zoek naar recente hoogtepunten in de statistiek, en ook – terloops – naar hoogtepunten in de kansrekening en Operations Research. Waar zijn de onverwachte statistische schoonheden, waar de nooit geziene bloeiwijzen; kortom, waar staan de mooiste (verse) statistische bloemen?

Antwoord: Ik weet het niet! Een zoektocht:

'Sag mir wo die Blumen sind!'

FRED STEUTEL

Een recent artikel van E. van Nierop in *Statistica Neerlandica* (63(1)) heeft als titel 'Why do statistics journals have low impact factors?' Een beetje een treurig stemmende kwestie. De vraag is eigenlijk: 'Waarom worden statistiektijdschriften minder geciteerd dan andere?' Er is een soort conclusie, die er op neer lijkt te komen dat statistiekartikelen meer tijd nodig hebben om door te dringen. Erg overtuigend klinkt het allemaal niet. Is er niet meer – of eigenlijk, minder – aan de hand? De acht

artikelen in de genoemde *Statistica Neerlandica* geven samen 127 referenties. Veel, vind ik. Ik houd van artikelen met nul of één referentie; die brengen wat nieuws. Je moet ook bij voorkeur niet aan de lijst van referenties kunnen zien wie de auteur is. In dit nummer staan 15 zelfverwijzingen en vier verwijzingen naar *Statistica Neerlandica*, voornamelijk door Nederlanders.

Ik denk dat de verklaring voor de geringe *impact* van de statistiek te vinden is op de achterkant van het *Statistica*-nummer in kwestie zelf. De volgende onderwerpen komen aan de orde: *density estimation*; 2×2 tables; *second-order analysis*; *control charts*; *sampling inspection*, *non-parametric setting*. Op zichzelf is daar misschien niks mis mee, maar toen ik vijftig jaar geleden op het Mathematisch Centrum (CWI) werkte, ging het daar ook al over. Met dit grote verschil: toen waren allerlei van die dingen nieuw. Met name de parameter vrije statistiek was nieuw, er was haast elke dag weer een nieuwe methode en er werden parameter vrije toetsen naar Nederlandse statistici genoemd: Hemelrijk, Van der Waerden, Van der Vaart en Terpstra. De begrippen *maximum likelihood* en *sufficient statistic* waren nieuw en in zekere mate opwindend. Wat is er nu nog opwindend in de statistiek?

In mijn boekenkast staan een paar deeltjes van de American Mathematical Society met de titel 'What's happening in the Mathematical Sciences?' Daar staat van alles in over opwindende ontwikkelingen in de wiskunde. Een paar voorbeelden: getaltheorie (laatste stelling van Fermat door Andrew Wiles, nieuws over priemgetalparen), topologie (bewijs van het vermoeden van Poincaré door de wereldvreemde Rus Grigori Perelman), meetkunde (Penrose tilings en vijfzijdige symmetrie), Fractals en allerhande andere nieuwigheden in de stromingsleer, maar niets over statistiek. Wat er nog het dichtste bijkomt, is de ontwikkeling van 'random algoritmen' in de getaltheorie, lang geleden in gang gezet door de beroemde Hongaarse

wiskundige Pál Erdős. Weliswaar kreeg de statisticus S.R. Srinivasa Varadhan onlangs (2007) de Abelprijs (Nobelprijs voor de wiskunde) voor zijn jarenlange wiskundige werk op het terrein van *Large Deviations*, maar dat was toch eigenlijk oud nieuws. De vraag die voor de hand ligt is 'What's happening in Statistics?' Wie het weet, mag het zeggen. Of zou de statistiek 'klaar' zijn, zoals honderd jaar geleden volgens sommigen de wiskunde klaar was, en zoals nu een enkeling denkt dat de natuurkunde klaar is.

Ik moet hier bij aantekenen dat ik het antwoord in ieder geval niet zelf kan geven: ik ben kansrekenaar, een eenvoudig wiskundige, gespecialiseerd in de kansrekening. Ik protesteer altijd als iemand mij statisticus noemt – ik vind statistiek veel te moeilijk.

Ik moet toegeven dat ik ook in de kansrekening weinig opzienbarend nieuws kan melden. De opleving van oneindige deelbaarheid, waaraan ik heb bijgedragen, is uitgewoed, en de kwantumkansrekening is (nog) niet echt uit de verf gekomen. Dus, *what's happening in probability*? De 'bloemen' zullen mogelijk (blijven) bloeien in het grensgebied van kansrekening en fysica.

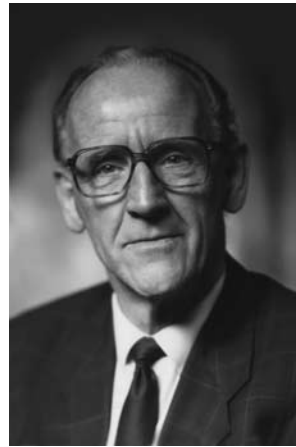
Hoe is het dan met de Operations Research? De wachttijdtheorie gaat door, nu vooral voor netwerken, en geholpen door de toegenomen rekenkracht; maar echte happenings? Nee. Lineair programmeren is altijd nog populair evenals de *travelling salesman*, maar beiden zijn al jaren oud. Dan is er nog de cryptografie. Als het al OR is, dan is het toch voor een groot deel getaltheorie: steeds grotere priemgetallen. Is het echt allemaal niks, of ben ik overdreven pessimistisch?

De voor de hand liggende vraag is: 'What's happening in (het vak) STATOR?'

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar Kansrekening aan de TU Eindhoven.

E-mail: <f.w.steutel@tue.nl>.

In Memoriam



Roel van Strik

Roel van Strik, emeritus-hoogleraar Biostatistiek aan het Erasmus Medisch Centrum te Rotterdam, overleed op 7 april 2009. Zijn overlijden, op 82-jarige leeftijd, kwam niet onverwacht. Al geruime tijd leed hij aan een ernstige vorm van Alzheimer.

Als zoon van een boer werd van hem verwacht dat hij ooit zijn vader op zou volgen in het bedrijf. Na de middelbare school besloot Roel echter dat de statistiek meer zijn interesse had. Na de militaire dienst ging hij werken bij het NatLab van Philips in Eindhoven waar hij zich verdiepte in de statistiek onder leiding van wijlen professor H.C. Hamaker. Later vertrok hij naar Philips Duphar, een farmaceutisch bedrijf dat nu onderdeel is van Solvay Pharmaceuticals, om de biometrische afdeling te gaan leiden. Hij ontwikkelde zich tot een leidende en gerespecteerde statisticus, hetgeen als een grote prestatie gezien mag worden voor een autodidact zonder academische opleiding.

Na het samengaan van de toenmalige in 1966 opgerichte Medische Faculteit Rotterdam en de Nederlandse Economische Hogeschool in de Erasmus Universiteit Rotterdam in 1973 werd Roel van Strik gevraagd om een afdeling Biostatistiek op te zetten bij de Medische Faculteit (nu Erasmus MC). Hij werd lector in de biostatistiek, en enige jaren later werd hij tot hoogleraar benoemd. Samen met wijlen professor Henk de Jonge van de Leidse Universiteit en professor Chris Rümke

van de Vrije Universiteit te Amsterdam was Roel van Strik een van de grondleggers van de medische statistiek in Nederland. Zijn bijdrage aan de ontwikkeling en verbreiding het vakgebied is van groot belang geweest. De hulpmiddelen die de statisticus in die vroege jaren ter beschikking stonden waren zeer beperkt. Voor het rekenwerk was men in die 70-er jaren aangewezen op mainframe computers en ponskaarten, PC's kwamen pas in de tachtiger jaren, en programmatuur moest men veelal zelf ontwikkelen. Onder zijn leiding werden in Rotterdam bijvoorbeeld Fortran programma's ontwikkeld om nieuwe methoden zoals logistische regressie en Cox-regressie te kunnen uitvoeren. Deze programma's werden binnen Nederland op ruime schaal gebruikt.

Roel was zeer actief binnen de VVS en de International Biometric Society (IBS). Hij was voorzitter van de Medisch Biologische Sectie (MBS) van de VVS en van ANed (de Nederlandse afdeling van de IBS). Een speciale plaats in zijn hart had hij voor de ISCB (International Society for Clinical Biostatistics). Hij was een van de oprichters in 1979 en organiseerde 3^{de} bijeenkomst van de vereniging welke plaats vond in Rotterdam. Gedurende de jaren 1983-1984 was hij president van de ISCB. Door de jaren heen bleef hij de ISCB dienen in diverse hoedanigheden. Vele jaren was hij lid van het College ter Beoordeling van Geneesmiddelen.

Op professioneel gebied hield Roel het meest van zijn consultaties aan onderzoekers en van zijn onderwijsactiviteiten. Zijn colleges aan de medische studenten werden door deze zeer gewaardeerd. Hij maakte daarbij gebruik van een grote verzameling van statistische attributen, zoals valse dobbelstenen en een Galton bord, en in zijn uitgebreide serie collegedia's (Powerpoint e.d. hebben Roel nooit kunnen bekoren) was een groot aantal statistische grappen opgenomen. De syllabus Medische Statistiek die Roel samen met Henk de Jonge en Chris Rümke had geschreven was vermaard. Toen Roel eind tachtiger jaren besloot om de syllabus te vervangen door een modern boek over de biostatistiek werd hierover geklaagd door de studenten. Zij prefereerden de oude syllabus die nog steeds circuleerde.

Na een opmerkelijke en lange carrière in de biostatistiek ging Roel in 1966 met emeritaat, op 70-jarige leeftijd. Wetenschappelijke bijeenkomsten bleef hij volgen. De laatste ISCB-bijeenkomst die hij bijwoonde voor zijn ziekte was de 24^e, in 2002 te Dijon. Hij was er trots op nooit een enkele ISCB bijeenkomst gemist te hebben.

Wij zullen hem niet alleen als een bevlogen biostatisticus herinneren, maar ook als een stimulerende, vriendelijke en vrolijke man, met een goed gevoel voor humor en als heel aangenaam gezelschap. Onze condoleances gaan uit naar zijn echtgenote, kinderen en kleinkinderen. Wij wensen hen en iedereen die zich met Roel verbonden voelt veel sterkte.

Theo Stijnen
Wim Hop

Modelleren met AIMMS



AIMMS is een compleet modelleersysteem dat mensen helpt Operations Research (OR) succesvol in te zetten. Velerlei modellen (LP, MIP, NLP, MINLP, etc) zijn eenvoudig en snel in AIMMS te bouwen en op te lossen met standaard solvers of geavanceerde technieken zoals kolomgeneratie, stochastische programmering, Benders decompositie en Outer Approximation.

OR onderwijs met AIMMS

De grafische modelleeromgeving en de geïntegreerde visualisatie-mogelijkheden maken AIMMS tot een ideaal softwarepakket om te gebruiken in het onderwijs. Een compleet academisch licentiepakket kost 450 Euro. Ondersteunend materiaal is gratis beschikbaar op onze website, zoals:

- Leerboek "Optimization Modeling" met OR toepassingen van oplopende moeilijkheidsgraad
- Uitgewerkte applicatie-voorbeelden in AIMMS
- Introductie-cursussen voor zelfstudie (Tutorials)

Commerciële toepassingen

Bedrijven in uiteenlopende sectoren gebruiken AIMMS-applicaties om hun bedrijfsvoering te optimaliseren, bijvoorbeeld in productieplanning, supply chain management, netwerkontwerp, procesoptimalisatie, risicobeheersing en portfoliobeheer. Referenties zijn te vinden op onze website.

Ervaar zelf het gemak van AIMMS!

Download een gratis 30-dagen proeflicentie: www.aimms.com/try.

AIMMS is een handelsmerk van
Paragon Decision Technology B.V.
Schipholweg 1, 2034 LS Haarlem
Tel. 023 5511512, info@aimms.com
www.aimms.com





Bij ORTEC zit je goed!

Bij ORTEC wordt wereldwijd gewerkt aan complexe optimalisatievraagstukken in diverse logistieke en financiële sectoren. Onze medewerkers helpen klanten gefundeerde beslissingen te nemen met gebruik van wiskundige modellen en het toepassen van simulatie- en optimalisatie-technieken.

ORTEC is een professionele, jonge organisatie met volop doorgroeimogelijkheden. Tijdens of na je studie kun je bij ons aan de slag. Je wordt direct op projecten ingezet en krijgt veel eigen verantwoordelijkheid. Wij bieden een werkomgeving met voldoende ruimte om je talenten te ontwikkelen binnen jouw interessegebied, zowel nationaal als internationaal.

Spreek dit je aan en volg je een studie Econometrie, Operationele Research, Informatica of Wiskunde of heb je deze voltooid en heb je affiniteit met statistische modellen en de logistieke of financiële wereld, dan zit je bij ORTEC goed!

Vertel ons hoe jij je talent wilt inzetten voor de verbetering van onze producten en diensten en de verdere internationale groei van ORTEC.

Op onze website www.werkenbijortec.com vind je meer informatie over werken bij ORTEC en een actueel overzicht van vacatures en stage- of afstudeermogelijkheden. Zit jouw ideale functie of onderwerp er niet bij, stuur dan een open sollicitatie.

■ ORTEC Logistics
Groningenweg 6k
2803 PV Gouda
Tel.: 0182-540 500
recruitment@ortec.com

■ ORTEC Finance
Max Euwelaan 78
3062 MA Rotterdam
Tel.: 010-498 66 66
hr@ortec-finance.com

www.werkenbijortec.com