

# STAtOR

---

periodiek van de VvS+OR jaargang 15, nummer 1, maart 2014

Programma van de Dag voor Statistiek en OR 2014  
'Celebrating Statistics in Honor of Willem van Zwet's  
80th Birthday'

Atomaire gassen en draadloze netwerken

Fitting the Theory to the Data;  
het voorspellen van overlast

Met het oog op wachttijd

Willem van Zwet:  
voortrekker van de stochastiek

---

## Van de President

Op 20 maart 2014 zal de Annual Meeting plaatsvinden, zoals inmiddels gebruikelijk in de Jaarbeurs in Utrecht. Dit jaar hebben we een heel bijzonder thema: 'Celebration of Statistics in Honor of Willem van Zwet's 80th Birthday'. Willem van Zwet heeft in Nederland de statistiek op de kaart gezet, en Nederland op statistiekgebied op de wereldkaart.<sup>1</sup> Daarom heeft het Bestuur het gepast gevonden om ons erelid een hommage te brengen.

Dit had als bijkomend voordeel dat we een aantal prominente statistici konden uitnodigen, die tevens al jarenlang heel goede vrienden van Willem zijn. Zonder de anderen te kort te willen doen, noem ik in de eerste plaats Peter Bickel, met wie Willem sinds het begin van de jaren '70 van tijd tot tijd intens heeft samengewerkt. Peter Bickel zal een *keynote speech* geven met de titel 'From Fisher to "Big Data": Continuities and Discontinuities'.

Willem heeft over Peter Bickel zowel 'we complement each other beautifully' als 'some people say that after all these years we are actually beginning to sound the same' gezegd.<sup>2</sup> Deze uitspraken, die samen alomvattend zijn, komen uit een zeer lezenswaardig artikel in *Statistical Science*, getiteld 'An Evening Spent with Bill van Zwet', een interview door Rudy Beran en Nick Fisher. En hiermee zijn we aangekomen bij twee andere grote vrienden van Willem, die ook aanwezig zullen zijn op de Annual Meeting. Tot onze grote vreugde zullen Rudy en Nick allebei een *congratulatory speech* geven. Verdere *congratulatory speeches* zullen gegeven worden door twee andere prominente vrienden. Friedrich Goetze is vandaag de dag nog steeds Willems gastheer in Bielefeld, en zij waren vooral ook

vele keren samen in Oberwolfach, het Mekka van de statistiek in Duitsland. En natuurlijk is het heel bijzonder dat Sir Adrian Smith speciaal voor Willem naar Nederland komt om hem toe te spreken. Sir Adrian liet al lange tijd geleden weten dat hij bij deze gelegenheid aanwezig wilde zijn.

De tweede *keynote speech* wordt gegeven door Stephen Stigler. Er is een lange lijst van potentiële sprekers die zowel aan het criterium 'prominent' als 'jarenlange vriend van Willem' voldoen. Steve Stigler heeft echter als excellent kenner van de geschiedenis van de statistiek een streepje voor. Met spanning kunnen wij uitzien naar zijn lezing 'Bernoulli and Bayes: Great Probabilists Publish Posthumously'. Ook wil ik natuurlijk van harte de lezingen van de winnaars van de VvS+OR Master Thesis Award en de VvS+OR PhD Thesis Award aanbevelen. De laatstgenoemde Award zal voortaan de 'Willem R. van Zwet Award' heten.

Met vele documenten om mij heen zat ik bij het schrijven van dit stukje klaar om over Willem van Zwet's illustere loopbaan te schrijven, maar dit zou tot een heel erg lange opsomming van zowel wetenschappelijke als bestuurlijke wapenfeiten leiden, en de toegestane lengte van dit stukje ver overschrijden.<sup>3</sup> Dit kan men zien in de introductie van het artikel in *Statistical Science* en ook in het voorwoord van het boek dat zijn *selected works* bevat.<sup>4</sup> Het is echter wellicht beter om de geschiedenis van de statistiek in Nederland en de bijdragen van Willem van Zwet daaraan,<sup>5</sup> volgend jaar uitgebreid aan de orde te laten komen, als we het 70-jarig bestaan van de *Vereniging voor Statistiek*, later opgegaan in de VvS+OR, zullen vieren. En dat niet al-

leen, ook de 30e *European Meeting of Statisticians* zal in 2015 in Nederland plaatsvinden, en wel in Amsterdam. Willem van Zwet heeft een cruciale rol gespeeld in het doen herleven van deze bijeenkomsten in West-Europa, en vooral ook het plaatsvinden ervan in Oost-Europa, met name van de bijeenkomst in Praag in 1974. Natuurlijk moet ook zijn initiatief in 1972 tot de Bijeenkomst van Stochastici in Lunteren genoemd worden, die nog steeds ieder jaar plaatsvindt.

Ik kan ook persoonlijk hier nog zaken aan toevoegen, maar dit is noch de plaats noch het moment. Alleen wil ik vermelden dat op mijn eerste langdurige bezoek aan de USA in 1982 Ingram Olkin (die door Willem de *walking encyclopedia of the profession*<sup>2</sup> wordt genoemd) mij bij onze eerste kennismaking vroeg: 'Are you a student of Bill van Zwet?' Dat was ik niet, maar ik was al trots op het feit dat hij het vroeg.

JACQUELINE MEULMAN

<sup>1</sup> Willem van Zwet was President van zowel de *Bernoulli Society* (1987-1989), het *Institute of Mathematical Statistics* (1991-1992) en het *International Statistical Institute* (1997-1999), en was onder meer Editor van de *Annals of Statistics* (1986-1988).

<sup>2</sup> Beran, R., & Fisher, N., An evening spent with Bill van Zwet, *Statistical Science*, 2009, 24, 87-115.

<sup>3</sup> Zie het indrukwekkende cv in: De Gunst, M., Klaassen, C., and Van der Vaart, A. (Eds), *State of the art in probability and statistics: Festschrift for Willem R. van Zwet*, Beachwood, OH: Institute of Mathematical Statistics, 2001.

<sup>4</sup> Van de Geer, S. & Wegkamp, M. (Eds), *Selected Works of Willem van Zwet*. New York: Springer, 2012.

<sup>5</sup> Een voorproefje is te vinden in het interview met Willem van Zwet door Han Oud in *STAtOR*, 1(2000)1.

Thursday, March 20th 2014

## Annual meeting of the Netherlands Society of Statistics and Operations Research (VvS+OR)

### Celebrating Statistics in Honor of Willem van Zwet's 80th Birthday

#### LOCATION

Jaarbeurs Utrecht, Room 717,  
Jaarbeursplein 6, 3521 AL Utrecht (adjacent to Central Station)

#### KEYNOTE SPEAKERS

Peter Bickel  
Stephen Stigler

#### CONGRATULATORY SPEAKERS

Rudy Beran, Nicholas Fisher,  
Friedrich Götze, Sir Adrian Smith

#### PROGRAM

|               |   |
|---------------|---|
| 9.30 - 10.00  | Registration and coffee   tea   |
| 10.00 - 10.15 | Opening and introduction first keynote speaker  |
| 10.15 - 11.15 | Peter J. Bickel (UC Berkeley)<br>From Fisher to 'Big Data': Continuities and Discontinuities  |
| 11.15 - 11.30 | Coffee   tea  |
| 11.30 - 12.30 | Annual General Meeting (ALV in Dutch)<br>Lunch break  |
| 12.30 - 13.30 | Introduction second keynote speaker   |
| 13.30 - 13.45 | Stephen M. Stigler (University of Chicago)<br>Bernoulli and Bayes: Great Probabilists Publish Posthumously  |
| 13.45 - 14.45 | Ceremony and Presentation of the VvS+OR Master Thesis Award<br>Coffee   tea   |
| 14.45 - 15.15 | Ceremony and Presentation of the Willem R. van Zwet Award   |
| 15.15 - 15.30 | Introduction Congratulatory Speakers  |
| 15.30 - 16.00 | Rudy Beran (UC Davis), Nicholas Fisher (ValueMetrics, Sydney),<br>Friedrich Götze (Bielefeld University), Sir Adrian Smith (University of London) |
| 16.00 - 16.15 | Drinks  |
| 16.15 - 17.15 |   |

## About Peter Bickel

Peter J. Bickel is Professor (Emeritus) of Statistics, University of California, Berkeley, where he spent most of his professional career since his PhD in Statistics in 1963. Peter Bickel's fundamental contributions to the field involve robust statistics, decision theory, semiparametric modeling, bootstrap, nonparametric modeling, machine learning, computational biology, and many other areas (e.g. transportation and genomics). He was awarded an Honorary Doctorate Degree from Hebrew University, Jerusalem in 1986. Other awards and honors include the first recipient of the COPSS Presidents Award in 1980, the Wald Lecturer in 1980, the John D. and Catherine T. MacArthur Foundation Fellowship in 1984, the Guggenheim Memorial Foundation Fellowship in 1970, the election to the American Academy for Arts and Sciences in 1985, the National Academy of Sciences in 1985, and the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences in 1995. He was also honored the (UC-Berkeley) Chancellor's distinguished professor (1996-1999), was the Kloosterman Professor at Leiden University in 1992, and the Rietz Lecturer in 2004. He served as President of the Bernoulli Society and of the Institute of Mathematical Statistics, as Associate Editor of the Proceedings of the National Academy of Sciences, and as Chair of the Council of Scientific Advisors of EURANDOM, the Netherlands. It is also worth mentioning that Queen Beatrix of the Netherlands made him Commander in the Order of Orange-Nassau in 2006. Peter Bickel is the 2013 Fisher Lecturer.

## FROM FISHER TO 'BIG DATA': CONTINUITIES AND DISCONTINUITIES

**Peter J. Bickel**

*University of California, Berkeley*

### ABSTRACT

In two major papers in 1922 and 1925 Fisher introduced many of the ideas, parameters, sufficiency, efficiency, maximum likelihood, which when coupled with Wald's decision theoretic point of view of 1950 have underlain the structure of statistics until the 1980's. That period coincided, not accidentally, with the beginnings of the widespread introduction of computers and our ability to use them to gather 'big data' and implement methods to analyze such data. In this lecture I will try to see how the Fisherian concepts have evolved in response to the new environment and to isolate and study new ideas that have been brought in and where they have come from. Thus, I will argue that 'sufficiency' has evolved to 'data compression', 'efficiency' has had to include computational considerations, and issues of scale, 'parameters' and procedures such as 'maximum likelihood' have had to be considered in the context of larger semi and non-parametric models and in robustness. The steady rise in computational capability during the last 30–40 years has enabled the implementation of the older Bayesian point of view, computer intensive methods such as Efron's 'bootstrap' as well as the introduction of the 'machine learning' point of view and methods from computer science. I will try to support my argument from the literature, some of my own work and my experience with ENCODE, a 'Big Data' project in biology.

## About Stephen M. Stigler

Stephen M. Stigler is the Ernest DeWitt Burton Distinguished Service Professor in the Department of Statistics of the University of Chicago. He also holds an appointment in the Committee on Conceptual and Historical Studies of Science, and in the Social Science Collegiate Division. Stephen Stigler received his PhD from the University of California, Berkeley, with a dissertation on the asymptotic distribution of linear functions of order statistics. He initially taught at the University of Wisconsin, Madison, but in 1979 he moved to the University of Chicago where he has taught ever since. At about this time his research emphasis moved to the history of statistics, and he has contributed to this area through a large number of research papers and two books, *The History of Statistics* (1986) and *Statistics on the Table* (1999), both published by Harvard University Press. Stephen Stigler is an elected member of the American Academy of Arts and Sciences and of the American Philosophical Society; he has served as President of the Institute of Mathematical Statistics and of the International Statistical Institute. He has been a Guggenheim Fellow, a Fellow at the Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences at Stanford, a Visiting Scholar at l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, and received the Humboldt Foundation Research Award. He was elected Membre Associé of the Académie Royale de Belgique, Classe des Sciences in 2010. He served as Theory and Methods Editor for the *Journal of the American Statistical Association* 1979-1982.

## BERNOULLI AND BAYES: GREAT PROBABILISTS PUBLISH POSTHUMOUSLY

**Stephen M. Stigler**

*University of Chicago*

### ABSTRACT

Jacob Bernoulli died in 1705. His great book *Ars Conjectandi* was published in 1713, 300 years ago. Thomas Bayes died in 1761. His great paper was read to the Royal Society of London in December 1763, 250 years ago, and published in 1764. A fresh reading of Bernoulli and new evidence regarding Bayes leads to a better understanding of these iconic works. As to whether or not these examples of posthumous publication suggest a career move for any modern probabilist: that question is left to the audience.



The annual meeting of the Netherlands Society of Statistics and Operations Research is the place to meet other people with an interest in statistics and operations research and people working in this field.

[www.vvs-or.nl](http://www.vvs-or.nl)

## REGISTRATION (BEFORE MARCH 13th)

### Members VvS+OR

The annual meeting is free of charge for members, but registration through the society's website is required: <[www.vvs-or.nl](http://www.vvs-or.nl)>. Register before March 13th and bring the confirmation e-mail to show it at the registration desk at the entrance of the lecture room.

### Non-members

Non-members pay € 50 (bank account: NL42 INGB 0000 202091, BIC/ SWIFT: INGBNL2, VvS+OR 'registration annual meeting 2014') before March 13th and bring proof of payment (copy of bank statement) to show at the registration desk at the entrance of the lecture room. Alternatively, you can become an ordinary member for € 68 (go to <[www.vvs-or.nl](http://www.vvs-or.nl)> and click 'Become a Member' in the top menu; young applicants will obtain a special rate), and have free access immediately after registration.

## GENERAL INFORMATION

### Language

The talks at the annual meeting will be in English, the Annual General Meeting (ALV) will be in Dutch.

### Annual General Meeting (Algemene Ledenvergadering)

The Annual General meeting (ALV) is scheduled at the end of the morning. The relevant documents will be provided on the website two weeks before the meeting. You can also get them by e-mail if you send a request to <[info@vvs-or.nl](mailto:info@vvs-or.nl)>.

### Coffee, tea and drinks after the meeting

Coffee/tea during the breaks and drinks afterwards are offered by the Society.

### Lunch

Lunch is at your own cost. The restaurant of the Jaarbeurs is usually quite busy, but within walking distance of just a few minutes (e.g. in the direction of the central station) you will find many alternatives.

## ORGANIZING COMMITTEE

The annual meeting is organized by the board of the VvS+OR. For questions, contact Fetsje Bijma (secretary) by e-mail at <[info@vvs-or.nl](mailto:info@vvs-or.nl)>.

## STATOR

Jaargang 15, nummer 1, maart 2014

STATOR is een uitgave van de Vereniging voor Statistiek en Operationele Research (VvS+OR). STATOR wil leden, bedrijven en overige geïnteresseerden op de hoogte houden van ontwikkelingen en nieuws over toepassingen van statistiek en operationele research. Verschijnt 3 keer per jaar.

### Redactie

Joaquim Gromicho (hoofdredacteur), Ana Isabel Barros, Johan van Leeuwen, Richard Starmans, Gerrit Stemerding (eindredacteur), Hilde Tobi en Vanessa Torres van Grinsven. Vaste medewerkers: Fred Steutel en Henk Tijms.

### Kopij en reacties richten aan

Prof. dr. J.A.S. Gromicho (hoofdredacteur), Faculteit der Economische Wetenschappen en Bedrijfskunde, afdeling Econometrie, Vrije Universiteit, De Boelelaan 1105, 1081 HV Amsterdam, telefoon 020-5986010, mobiel 06-55886747, <[j.a.dossantos.gromicho@vu.nl](mailto:j.a.dossantos.gromicho@vu.nl)>.

### Bestuur van de VvS+OR

Voorzitter: prof. dr. Jacqueline Meulman <[president@vvs-or.nl](mailto:president@vvs-or.nl)>  
Secretaris: dr. Fetsje Bijma <[bestuur@vvs-or.nl](mailto:bestuur@vvs-or.nl)>  
Penningmeester: dr. Ad Ridder <[penningmeester@vvs-or.nl](mailto:penningmeester@vvs-or.nl)>  
Bestuurslid: Maarten Kampert MSc.  
Overige bestuursleden: prof. dr. Jeanine Houwing-Duistermaat (BMS), dr. John Poppelaars (NGB), prof. dr. Eric Cator (SMS), dr. Michel van de Velden (ECS), dr. Jelte Wicherts (SWS).

### Leden- en abonnementsadministratie van de VvS+OR

VvS+OR, Postbus 244, 6700 AE Wageningen, telefoon 0317 - 419572, fax 0317 - 421364, <[admin@vvs-or.nl](mailto:admin@vvs-or.nl)>. Raadpleeg onze website over hoe u lid kunt worden van de VvS+OR of een abonnement kunt nemen op STATOR of op een van de andere periodieken.

### VvS+OR-website

[www.vvs-or.nl](http://www.vvs-or.nl)

### Sociale media

Wilt u uw vakgenoten ontmoeten en wilt u discussiëren over actuele thema's, volg dan de VvS+OR en de Young Statisticians via LinkedIn, Facebook, Twitter en Flickr. Sluit u aan bij de LinkedIn-groep van VvS+OR of Young Statisticians; bekijk foto's op <[www.flickr.com/photos/vvs-or/sets/](http://www.flickr.com/photos/vvs-or/sets/)>; Like onze Facebook-pagina; volg de President van VvS+OR op <<https://twitter.com/#!/dutchstat>>.

### Advertentieacquisitie

M. van Hootegem <[hootegem@xs4all.nl](mailto:hootegem@xs4all.nl)>  
STATOR verschijnt in maart, juni en oktober.

### Ontwerp en opmaak

Pharos, Nijmegen

### Uitgever

© Vereniging voor Statistiek en Operationele Research  
ISSN 1567-3383

## INHOUD

- 2 Van de president
- 3 Programma van de Dag voor Statistiek en OR 2014; Celebrating Statistics in Honor of Willem van Zwet's 80th Birthday
- 8 Redactioneel
- 9 Atomaire gassen en draadloze netwerken  
Jaron Sanders
- 13 Denkend aan Willem – column  
Fred Steutel
- 14 Fitting the Theory to the Data; het voorspellen van overlast  
Selmar Smit, Bob van der Vecht & Layla Lebesque
- 18 Met het oog op wachttijd  
Samuel P.J. van Brummelen, Hendrik A. van Leiden, Martin B.A. Heemskerck & Nico M. van Dijk
- 24 Kristiaan Glorie wint 2de prijs INFORMS Student Paper Competition
- 25 Ik zie, ik zie, wat jij niet ziet ... – column  
Gerrit Stemerding
- 26 Willem van Zwet: voortrekker van de stochastiek  
Wim Senden
- 28 Een kaartspel dat staat als een huis – column  
Henk Tijms
- 30 Back to school; learn about the latest developments in operations research  
John Poppelaars
- 32 Young Statisticians



## Over jubilea

Het eerste *STATOR*-nummer van dit jaar lijkt wel in het kader van jubilea te staan. Als eerste kunnen we memorieren dat dit al weer de 15e jaargang van *STATOR* is. Indertijd begonnen met een voorzichtig proefnummer heeft ons blad zich ontwikkeld tot een gewaardeerd medium, zowel binnen als buiten de vereniging. En dat laatste was ook een van de doelstellingen die het toenmalige bestuur voor ogen had.

Verder wordt het 70-jarig bestaan van de VvS+OR aangestipt dat volgend jaar gevierd zal worden. De tijden zijn veranderd, het zal wel niet meer mogelijk zijn om dat te vieren met een groot tweedaags congres zoals bij het 40-jarig jubileum in 1985, maar de vereniging is nog steeds een vitale organisatie. De vele activiteiten van de Young Statisticians zijn een belofte voor een lange en vruchtbare toekomst.

Het belangrijkste jubileum is de 80e verjaardag van Willem van Zwet. We zullen nooit weten of het toeval is, maar het allereerste nummer van *STATOR* opende met een interview met Willem, dit ter gelegenheid van zijn benoeming tot erelid van de VvS+OR.

De Dag voor Statistiek en Operations Research staat dit jaar geheel in het teken van Willems verjaardag. Zijn belangrijke rol voor de statistiek wordt uitgebreid belicht door een aantal illustere sprekers. Het complete programma voor deze Dag is in dit nummer van *STATOR* opgenomen. Daarnaast schrijven Wim Senden en onze vaste columnist Fred Steutel over Willem, voor de komende nummers zijn nog meer bijdragen gepland die gewijd zijn aan zijn vele en veelzijdige werk.

Tot zover de jubilea, want *STATOR* heeft natuurlijk nog meer te bieden. Jaron Sanders beschrijft het werk waarvoor hij de VvS+OR scriptie-prijs 2013 ontving.

Een zeer boeiend artikel over een vruchtbare verbinding tussen wiskundige analyse van netwerken en fundamentele natuurkunde.

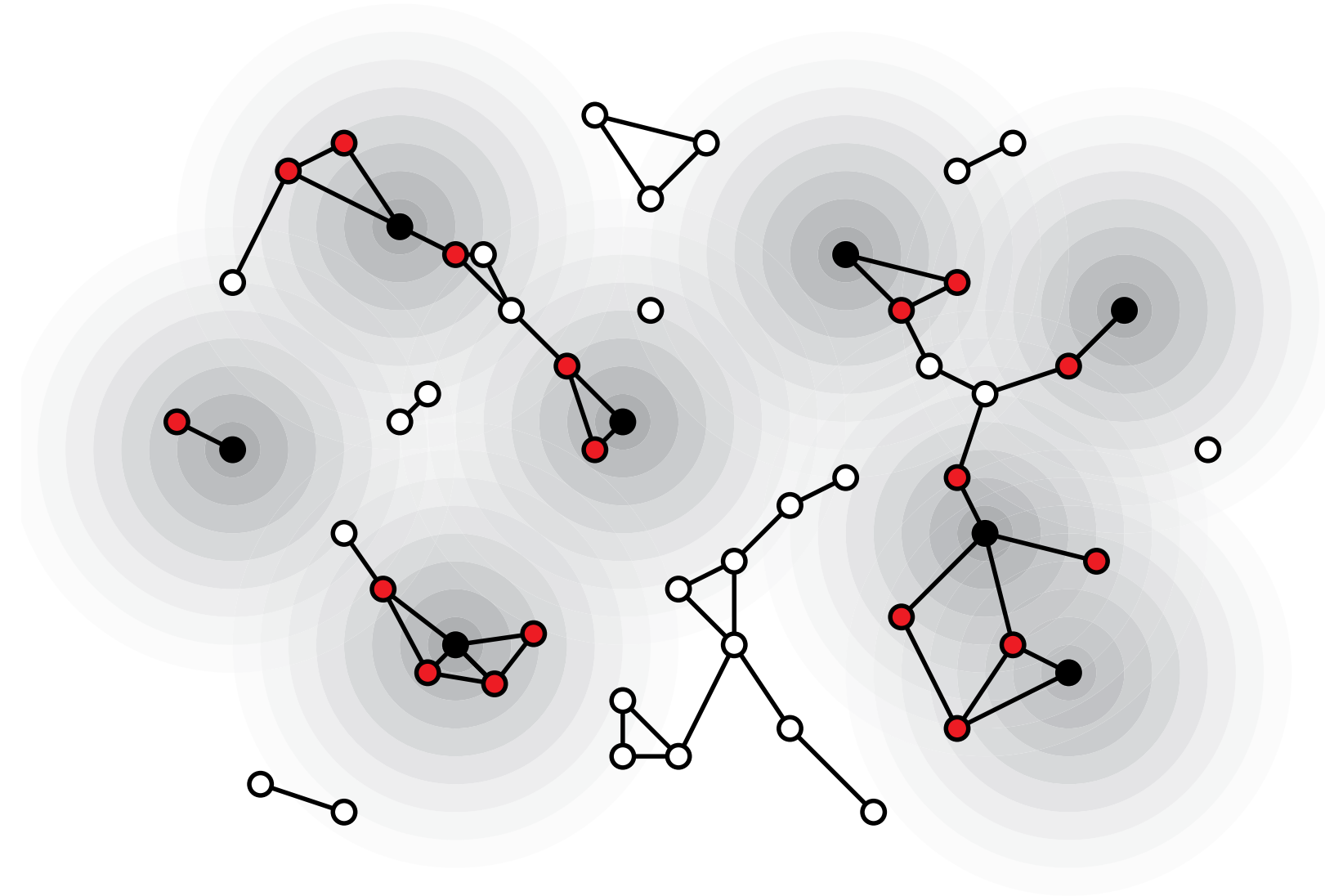
Selmar Smit, Bob van der Vecht en Lalyla Lebesque schrijven over *Fitting theory to the data*. Deze provocerende titel suggereert een doodzonde, maar zij leggen uit dat het hier gaat om het vaststellen van de parameters in een model om daarmee zo dicht mogelijk in de buurt van de gegevens te komen. Lees dit vooral als u altijd al hebt willen weten of het plaatsen van een bankje invloed kan hebben op overlast in de buurt.

Het langste artikel van dit nummer is van Sem van Brummelen, Hendrik van Leiden, Martin Heemskerck en Nico van Dijk en gaat over het analyseren van de wachtlijsten voor hoornvlies-transplantaties. Zij laten zien dat lange wachttijden door een relatief kleine verhoging van het aantal donoren aanzienlijk kunnen worden gereduceerd.

Verder kunt u lezen over het Back to School seminar en de INFORMS prijs die Kristiaan Glorie mocht ontvangen. Enkele nummers geleden schreef Kristiaan in *STATOR* over het werk waarvoor hij deze prijs kreeg. En natuurlijk treft u de gebruikelijke columns en het nieuws van de Young Statisticians aan.

De redactie wenst u zoals gewoonlijk veel leesplezier. En mocht u ons tegenkomen op de Dag voor Statistiek en Operations Research: wij zijn altijd geïnteresseerd in al uw op- en aanmerkingen op de inhoud van dit blad!

de *STATOR*-redactie



# ATOMAIRE GASSEN EN DRAADLOZE NETWERKEN

Veel wetenschappers zoeken naar verbanden tussen ogenschijnlijk verschillende gebieden. Jaron Sanders zocht naar verbanden tussen draadloze netwerken en gassen van atomen, in de hoop op een vruchtbare kruisbestuiving tussen de wiskunde en natuurkunde (Sanders, 2011).

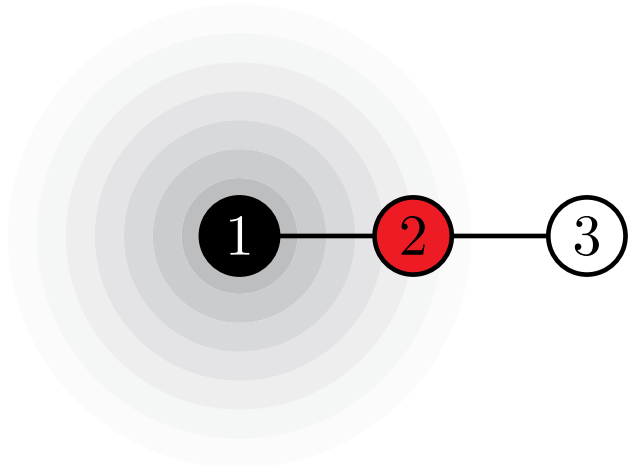
JARON SANDERS

Steeds meer apparaten beschikken over de mogelijkheid om met andere apparaten via draadloze netwerken te communiceren. Dat biedt veel mogelijkheden, maar brengt ook technische uitdagingen met zich mee.

Draadloze signalen kunnen botsen of interfereren, wat leidt tot kwaliteitsverlies. Om botsingen te voorkomen, tasten zenders eerst het communicatiekanaal af, en activeren zij alleen als er geen naburige zenders actief

zijn. Dit aftasten vindt telkens plaats na willekeurige tussenpozen die de zender kiest volgens een zekere kansverdeling. Bij het modelleren van draadloze netwerken richten wiskundigen zich daarom op modellen uit de kansrekening.

Laten we de interacties tussen zenders illustreren aan de hand van een voorbeeld. Beschouw drie zenders op een lijn (figuur 1). Als zender 1 activeert, wordt zender 2 geblokkeerd door een algoritme. Gelijktijdige activiteit van zender 1 en 2 zou leiden tot een botsing. Een actieve zender 2 blokkeert zowel zender 1 als 3, terwijl zender 1 en 3 wel gelijktijdig actief kunnen zijn.

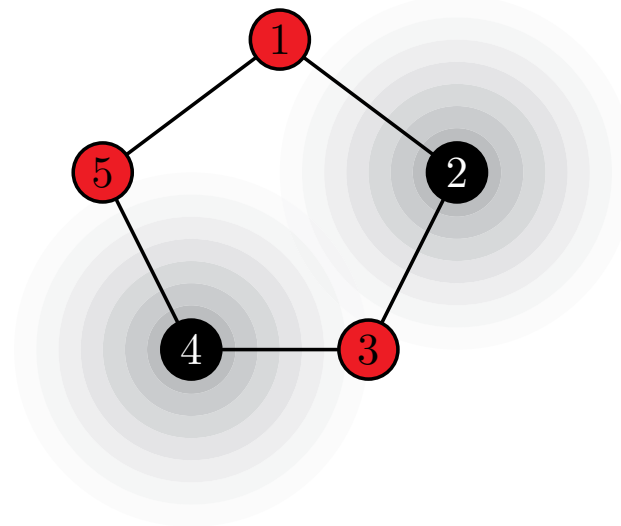


Figuur 1. Drie zenders op een lijn

Intrigerend aan dit voorbeeld is dat zender 1 en 3, zonder dit te beseffen, elkaar helpen. Als zender 1 altijd actief is, krijgt zender 2 nooit de kans om te activeren. Zender 2 zal daardoor zender 3 niet in de weg zitten, en zender 3 kan altijd activeren. In dit geval spreken we zelfs over een *verhongerde* zender 2, wat refereert aan het gebrek aan zendtijd.

Dit fenomeen staat bekend als het filosofenprobleem (Dijkstra, 1968). Vijf filosofen zitten aan een ronde tafel, en voor elke filosoof staat een bord spaghetti. Tussen elke twee borden spaghetti ligt één eetstokje. Om te kunnen eten heeft een filosoof twee eetstokjes nodig. De filosofen moeten de eetstokjes dus delen, en naast elkaar gezeten filosofen kunnen niet tegelijkertijd eten. Mocht één van de filosofen besluiten om lang te eten,

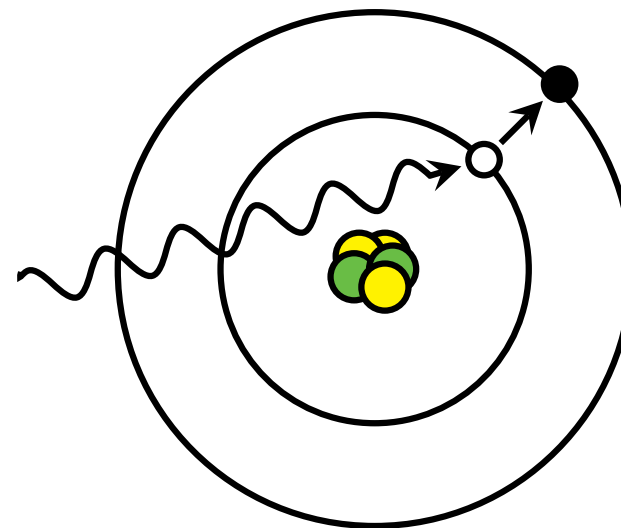
dan zullen zijn burens verhongeren (figuur 2). Dat zenders soms verhongeren is ook waargenomen in echte draadloze netwerken.



Figuur 2. Het filosofenprobleem

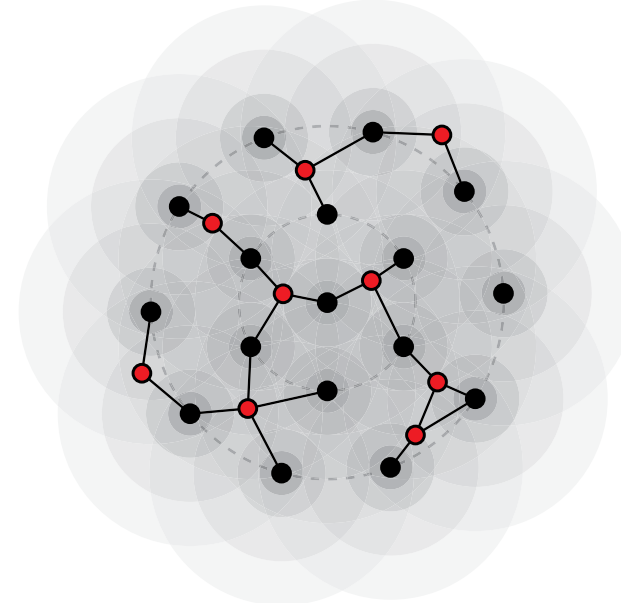
### Ultrakoude Rydberggassen

Terwijl wiskundigen van de TU/e draadloze netwerken bestuderen, houden natuurkundigen zich bezig met het kristalliseren van ultrakoude gassen. Door een laser op atomen te schijnen, worden atomen geëxciteerd.



Figuur 3. Excitatie

Excitatie van een atoom betekent dat het omcirkelende elektron in een hogere baan terecht komt (figuur 3). In een wanordelijk gas van atomen ontstaat een kristal (figuur 4) wanneer de geëxciteerde atomen onderling gelijke afstanden hebben.



Figuur 4. Een Rydbergkristal

Deze kristallen zijn interessant, om fundamentele fenomenen in de natuurkunde te bestuderen, maar vooral als mogelijke bouwsteen voor het ontwikkelen van de felbegeerde quantumcomputer.

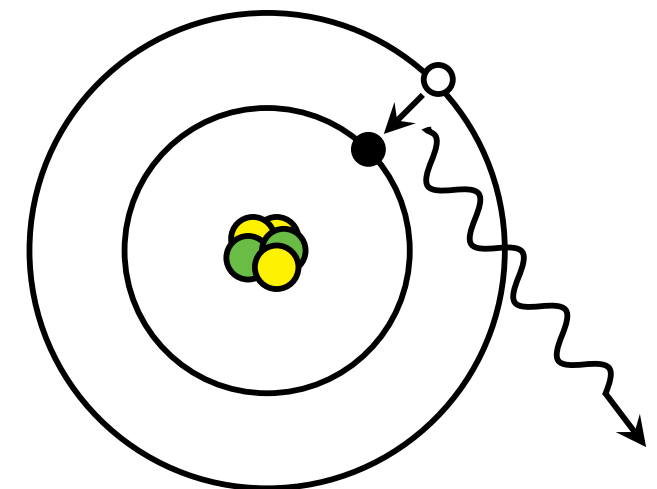
Zogeheten Rydbergatomen blijken uitermate geschikt voor het maken van kristallen. Dit komt omdat een geëxciteerd Rydbergatoom verhindert dat zijn burens ook exciteren. Net als in draadloze netwerken veroorzaken deze lokale interacties intrigerend globaal gedrag dat kan leiden tot kristalvorming. Ook de natuurkundigen formuleerden modellen die de interactie tussen Rydbergatomen beschrijven.

### Quantummechanica vs stochastiek

Omdat zowel de atomen als de zenders elkaar blokkeren, gingen we op zoek naar overeenkomsten tussen de wiskundige modellen. Het bleek echter lastig om termen en concepten één-op-één te leggen.

Het model voor atomen is opgezet op basis van de quantummechanica, en dit leek een andere dynamiek te beschrijven dan het model voor draadloze netwerken. Een quantummechanisch systeem kan zich namelijk in superposities van toestanden bevinden, wat losjes betekent dat het systeem in meerdere configuraties tegelijk verkeert. Zodra we een systeem dat in een superpositie zit observeren, vertoont het systeem zich volgens een kansverdeling in één van deze configuraties.

Daarnaast leek het proces dat zenders op willekeurige momenten in de tijd activeren meer weg te hebben van spontane emissie (figuur 5), een natuurkundig verschijnsel dat niet was meegenomen in het quantummechanische model. Bij spontane emissie valt het omcirkelende elektron als het ware naar een lagere baan op een willekeurig moment in de tijd, en daarmee keert het geëxciteerde atoom terug naar zijn originele toestand. Het elektron zendt daarbij een foton uit, omdat bij het bezetten van de gunstigere lagere baan energie vrij komt.



Figuur 5. Spontane emissie

Het toevoegen van spontane emissie aan het quantummechanische model bleek de sleutel te zijn om tot diepere inzichten te komen voor beide systemen. Het quantummechanische model is nu uitgebreid en de beschrijvende formules zijn ingewikkelder geworden, maar door genoeg spontane emissies toe te staan, vertonen de atomen stochastisch gedrag, overeenkomstig met het gedrag van zenders in draadloze netwerken. De

spontane emissie verstoort het gedrag zodanig dat het mogelijk wordt om het systeem te beschrijven met wetten uit de kansrekening.

### Lokale algoritmen

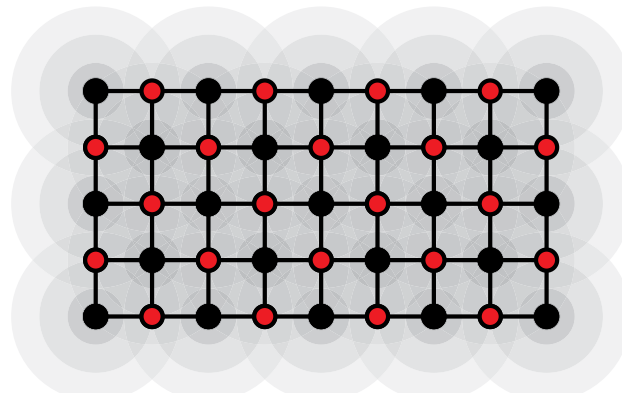
Gesterkt door het opgedane diepere begrip stelden we ons als volgende doel om beide systemen te verbeteren. Ons startpunt was een algoritme dat ontwikkeld is voor draadloze netwerken, waarbij iedere individuele zender beslissingen neemt alleen op basis van lokale informatie.

Het algoritme dicteert hoe zenders zich moeten gedragen, rekening houdend met het aantal pakketjes dat ze nog moeten verzenden. Als blijkt dat sommige zenders veel wachtende pakketjes hebben, en dus onvolgende kans hebben gehad om alle pakketjes te versturen, dan moeten deze zenders vaker activeren. De andere zenders moeten juist minder vaak activeren, zodat ruimte vrijkomt in het communicatiemedium. Dit hele proces van kleine aanpassingen doen wordt keer op keer herhaald, zodat het verkeer in het hele netwerk de kans krijgt om te stabiliseren.

Door dit algoritme numeriek en analytisch te bestuderen kregen we het vermoeden dat het breder inzetbaar moest zijn. Waarom zou het algoritme alleen maar toepasbaar zijn op systemen waarin deeltjes enkel actief (0) of inactief (1) zijn, en niet op systemen met meerdere niveau's (0,1,2,...,n)? Dat laatste komt namelijk voor in de atomaire fysica: een elektron kan in verschillende banen zitten. Deze natuurkundige inzichten inspireerden ons om voor een grotere klasse van netwerken, met meerdere niveau's, te bewijzen dat ze op lokale wijze optimaal gestuurd kunnen worden (Sanders, Borst & Van Leeuwaarden, 2012).

### Controle over atomen

Behalve zenders wilden we ook atomen sturen, en daarmee bijdragen aan het begrip van kristallisatie. Door de frequenties van lasers als instelbare parameters van het systeem te zien, en begrippen te vertalen tussen de atomaire gassen en de draadloze netwerken, konden we een stap in deze richting zetten. Het is bekend dat in draadloze netwerken patronen van dominante zenders ontstaan, als netwerken onder druk staan. Bovendien lijken deze patronen op kristalstructuren. (figuur 6)



Figuur 6. Dominante zenders op een grid

Door deze parallel te trekken zagen we hoe we de laserfrequenties verstandig konden kiezen, zodat kristalstructuren konden ontstaan. De laserfrequenties moesten namelijk zo worden ingesteld dat het gedrag van de atomen overeenkomt met het gedrag van zenders die veel data moeten versturen.

Onze relatie tussen de laserfrequenties en de activiteit van zenders geldt echter veel algemener, en niet alleen als zenders het druk hebben. Gewapend met de opgedane kennis over het sturen van zenders met algoritmen, proberen we nu ook om ultrakoude atomaire gassen te sturen (Sanders, Van Bijnen, Vredembregt & Kokkelmans, 2013).

#### LITERATUUR

- Dijkstra, E. (1968). *Cooperating sequential processes*. New York: Academic Press.
- Sanders, J. (2011). *Interacting particles in wireless networks en Rydberg gasses*. Master's thesis, Technische Universiteit Eindhoven).
- Sanders, J., Borst, S. & Leeuwaarden, J. van (2012). Online optimization of product-form networks. In *Proceedings of the 6th International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools* (pp. 21-30). Cargèse, France: Valuetools. <<http://arxiv.org/abs/1208.6167>>.
- Sanders, J., Bijnen, R. van, Vredembregt, E. & Kokkelmans, S. (2013). *Wireless network control of interacting Rydberg atoms*. Manuscript submitted for publication. <<http://arxiv.org/abs/1312.3464>>.

JARON SANDERS studeerde in 2011 cum laude af in Technische Wiskunde en Technische Natuurkunde onder begeleiding van Johan van Leeuwaarden, Sem Borst en Servaas Kokkelmans. Voor zijn afstudeerwerk ontving hij de ASML Afstudeerprijs voor Wiskunde in 2012, en de VvS+OR scriptieprijs in 2013. Jaron is nu promovendus in de groep Stochastische Besliskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e).  
E-mail: <[jaron.sanders@tue.nl](mailto:jaron.sanders@tue.nl)>

## Denkend aan Willem

Willem van Zwet wordt binnenkort tachtig. Ruim vijftig van die tachtig jaar heb ik van meer of minder nabij meegemaakt. Wat losse herinneringen.

Mijn eerste ontmoeting met Willem was tijdens de colleges statistiek door Van Dantzig; in Leiden werd dat vak toen niet gegeven. Van Dantzig kwam altijd te laat en hij bereidde zijn onderwijs niet echt voor; bleef soms steken in een bewijs. Toch hebben we daar statistiek geleerd; we zijn er beiden hoogleraar in geworden.

Rond die tijd werkten we allebei op het MC (nu CWI). Willem belde dan tegen lunchtijd vaak naar zijn vrouw Lucy: het eitje kon in de pan.

Eén van de bijzondere dingen die Willem in die tijd deed was het publiceerbaar maken van het beoogde proefschrift van Ruud Bloemena (1928–1960), die onverwacht was overleden. Een nauwgezet liefdewerk.

Door statistici werd veel gewandeld, in Lunteren, in Oberwolfach en, in 1962, in Dublin. Daar was toen een statistiekconferentie, die werd opgeluisterd door een bezoek aan de Guinness brouwerij en een wandeltocht. Tijdens die tocht werd ik door Willem ingewijd in de verzen van Tom Lehrer, een aankomend statisticus uit Harvard die een royale boterham verdiende met het zingen van opruiende liederen, zoals *The Masochism Tango* en *Poisoning Pigeons in the Park*. De door Willem, sotto voce, ten gehore gebrachte *Irish Ballad*, begon als volgt:

About a maid I'll sing a song  
sing rickety, tickety tin  
who didn't have her family long  
not only did she do them wrong  
she did every one of them in.

Vervolgens wordt de moord op haar ouders, zuster en broertje gedetailleerd uit de doeken gedaan. Een ander zangmoment speelde zich af in het wiskunde-paradijs Oberwolfach, Schwarzwald. Op woensdagavond werd daar gezongen. De buitenlanders hadden allemaal hun songs, Lieder of chansons bij de hand. Willem, Frits Göbel, Jaap Fabius (?) en ik kenden alleen de eerste regel van *Hoog op de gele wagen*. Uiteindelijk zongen we met ons drieën of vieren *Zie ginds komt de stoomboot*.

Nog een paar flarden. Ik heb Willem eens verslagen op de tennisbaan; hij heeft ooit revanche genomen. Hij opponeerde 'uit de zaal' bij mijn promotie. Toen ik in Göteborg de eerste voordracht zou houden, kreeg ik het verzoek niet te hard te praten: hij moest zijn eigen verhaal nog voorbereiden. Na de bijzetting van de as van collega Joop Kemperman in Alkmaar hebben we ons getroost met een biertje. Willem liep die middag een dubbele parkeerboete op.

Samenvattend leen ik een deel van de titel van Willem's afscheidscollege: 'No complaints'.

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar kansrekening aan de TU Eindhoven.  
E-mail: <[f.w.steutel@tue.nl](mailto:f.w.steutel@tue.nl)>

# FITTING THE THEORY TO THE DATA: HET VOORSPELLEN VAN OVERLAST



SELMAR SMIT, BOB VAN DER VECHT & LAYLA LEBESQUE

Theorie en praktijk lijken vaak ver uit elkaar te liggen. Toonaangevende theorieën zijn vaak beschrijvend, generiek en kwalitatief, waar de praktijk vraagt om specifieke, kwantitatieve uitspraken. Een voorbeeld hiervan vinden we in de sociale wetenschappen. Gedragstheorieën als de *rational choice*, *planned behaviour* en *environmental criminology* leveren algemene beschrijvingen over welke aspecten mogelijk het gedrag van een individu beïnvloeden. In praktijk blijkt dat dergelijke theorieën wel handvatten bieden, maar moeilijk gebruikt kunnen worden om gedrag van een individu, of zelfs een groep in kaart te brengen en te voorspellen. En juist dat laatste is in praktijk meestal het interessantste. Jongerenwerkers zouden graag willen weten wie er de grootste kans loopt om op het slechte spoor te geraken. De gemeente en politie zouden graag willen weten wat zij kunnen doen om slecht gedrag te ontmoedigen. En menig bedrijf zou een grote pot geld over hebben om de adoptie van hun pro-

duct te kunnen voorspellen. Dergelijke voorspellingen worden nu vooral gedaan op basis van datamining, statistiek en onderbuikgevoel en negeren op die manier de grote schat aan kennis die aanwezig is vanuit de sociale wetenschappen. Met de opkomst van krachtige computers kan dit gat tussen praktijk en theorie mogelijk gedicht worden. Onder de noemer *fitting the theory to the data* beschrijven we in dit artikel een specifiek voorbeeld waarin gedragstheorieën uit de *environmental criminology* worden omgevormd tot een voorspellend model van overlast voor de regio Haaglanden.

## Praktijk: het voorspellen van overlast

Over criminaliteit en overlast bestaan veel theorieën (Lochner, 2004) maar niet elke theorie is even geschikt om omgevormd te worden tot een voorspellend model.

Soms is het dat de theorie er niet geschikt voor is, maar het is ook mogelijk dat de empirische data niet voorhanden zijn, of dat het voorspellend model zelf niet van nut is. Zo gaan veel voorspellende modellen alleen uit van de sociale en economische factoren in een wijk. Maar omdat dergelijke factoren voor beleidsmakers niet makkelijk te beïnvloeden zijn, bieden ze weinig handvatten voor de ontwikkeling van beleidsinterventies. Wat ze wel kunnen doen is bepalen of ergens een buurthuis moet worden gebouwd, een uitgaansdistrict moet worden verplaatst of een park moet worden aangelegd. Dit zijn relevante beslissingen, want het effect van een dergelijke ingreep is zeer afhankelijk van de omgeving. Wat in de ene buurt tot overlast leidt, hoeft niet noodzakelijk hetzelfde effect te hebben in een andere buurt. Zo zijn er nauwelijks meldingen van problemen bij het café De Uylenburg aan de rand van Delft, terwijl 2,5 kilometer verderop bij de cafés in het centrum er een *hotspot* ligt van overlast.

Het ligt dus, logischerwijs, niet enkel aan het type gebouwen dat er staat, maar ook aan de omgeving waarin ze staan. Het bepalen van het effect van gebouwen op de hoeveelheid overlast in een buurt is dus meer dan enkel een simpele optelsom van de individuele effecten.

## Theorie: precipitators en attractors

Op het gebied van omgevingsfactoren zijn er twee theorieën die verklaringen aandragen waarom op de ene locatie wel, en op de andere locatie geen overlast plaats vindt. De eerste komt van Brantingham & Brantingham (1995) waarin zogenaamde *crime attractors* worden geïntroduceerd. *Attractors* zijn plaatsen die potentiële overlastveroorzakers aantrekken, maar niet noodzakelijk zelf overlast veroorzaken. Een voorbeeld hiervan is een bankje in het park. Hoewel deze op zichzelf geen overlast veroorzaakt, kan het wel overlastveroorzakers aantrekken. Wortley (2008) beschrijft juist een verklaring voor de hoeveelheid criminaliteit in een gebied. Hij introduceert *crime precipitators*; omgevingsfactoren die aanmoedigend werken op personen om overlast te veroorzaken. Een café en discotheek zijn logische voorbeelden van een *precipitator*.

## Van theorie naar model

De theorieën van Brantingham & Brantingham en Wortley kunnen relatief eenvoudig worden omgezet naar een (wiskundig) model. Elk object in de omgeving is van een bepaald type, en van elk type wordt met behulp van vier verschillende parameters gedefinieerd wat de invloed is op de totale hoeveelheid overlast. De eerste twee parameters (a en b) bepalen de hoogte en uitstoot-afstand voor het precipitator gedeelte. De laatste twee (c en d) bepalen de mate van aantrekking en het bereik van de attractors.

Met de behulp van de formules uit figuur 1 is daarmee zowel de totaal aangetrokken hoeveelheid overlast te berekenen voor een bepaald object ( $A_i$ ), als de hoeveelheid overlast die uiteindelijk terecht komt op een specifieke x,y locatie ( $R_{xy}$ ). Hierbij gebruiken we de (journey to crime) distance decay function uit (Wilson, 1970) om de afstand tussen twee punten (D) om te zetten naar uitstoot.



## Fitting the theory to the data

Hoewel het model nu een goede representatie is van de theorieën van Brantingham & Brantingham en Wortley, is het nog niet direct bruikbaar als voorspellend model. Daartoe gaan we het model kalibreren met empirische data van omgevingsobjecten en overlastcijfers uit de regio Haaglanden. De dataset van objecten halen we uit OpenStreetMap en bestaat uit 128 verschillende objecttypes. Daarom moeten de bijbehorende 512 parameters nog gedefinieerd worden om tot voorspellingen te kunnen komen; voor elke objecttype 4 parameters. Dit is wat wij *fitting the theory to the data* noemen; het kalibreren van een kwantitatief model (gebaseerd op bestaande theorieën) met parameterwaarden die passen bij de gegevens van een bepaald gebied. Gezien de complexiteit van het model, hebben we hierbij gekozen om gebruik te maken van de machine-learning techniek *backpropagation*. Backpropagation is een vorm van *supervised learning*, die in staat is om voor een (set van) geparameteriseerde formules de waardes af te leiden die zo goed mogelijk passen bij een database van trainingsgegevens (Mehryar Mohri, 2012). Met trainingsgegevens bedoelen we hier een combinatie van input en gewenste output, zoals de (x,y) coördinaten van een bepaald punt en de bijbehorende gemeten hoeveelheid overlast rond dezelfde locatie.

Het algoritme start met het willekeurig initialiseren van alle *a*, *b*, *c* en *d* waarden voor alle objecttypen. Gegeven de set met trainingsgegevens en alle objectlocaties, kan nu voor elke (x,y) coördinaat berekend worden wat dit (geheel willekeurige) model voor voorspelling doet qua hoeveelheid overlast ( $R_{xy}$ ) en in hoeverre deze afwijkt van de gemeten waarde, de zogenaamde *fout*.

Voor elk van de coördinaten is tevens te bepalen wat hun afstand ( $D_{xyj}$ ) is tot elk van de attractors en wat daarvan de attractionwaarde was ( $A_j$ ). Hierdoor is het voor elke coördinaat en elk objecttype in de trainingsset mogelijk om te bepalen welke kant  $d_j$  op zou moeten bewegen (hoger of lager) om de fout voor deze coördinaat

te verkleinen. Een andere mogelijkheid om de fout te verkleinen is door juist de waarden van  $A_j$  aan te passen. Logischerwijs kan dat enkel door  $a_i$ ,  $b_i$  of  $c_i$  aan te passen. Wederom kun je voor elk van deze waarden vaststellen welke kant deze op zouden moeten bewegen om de fout van  $R_{xy}$  voor deze coördinaat te verkleinen. Als we daarna al deze richtingen optellen voor alle coördinaten in de trainingsset, hebben we voor elk van de 512 parameters een indicatie naar welke kant deze aangepast zou moeten worden om de totale fout te verkleinen.

De volgende stap in het algoritme is om al die 512 waarden een heel klein beetje aan te passen in de berekende richting. Nu er dus 512 nieuwe waarden zijn, die waarschijnlijk beter zijn dan de oorspronkelijke 512 kan hetzelfde proces herhaald worden. Opnieuw worden alle fouten berekend, opnieuw de richtingen bepaald, en opnieuw de waarden aangepast, totdat verdere verbetering niet mogelijk is. Een te grote aanpassing van de parameters leidt tot 'heen en weer schieten' (REF), een te kleine aanpassing zorgt voor langzame convergentie, en kan leiden tot het blijven hangen in een lokaal optimum.

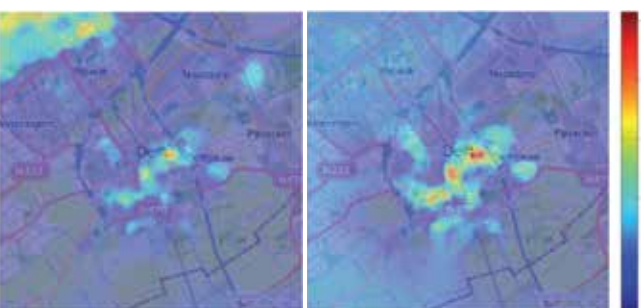
Als de parameterwaarden niet meer veranderen, is het algoritme klaar, en is het model zo goed mogelijk gefit op de bestaande gegevens.

## Resultaten

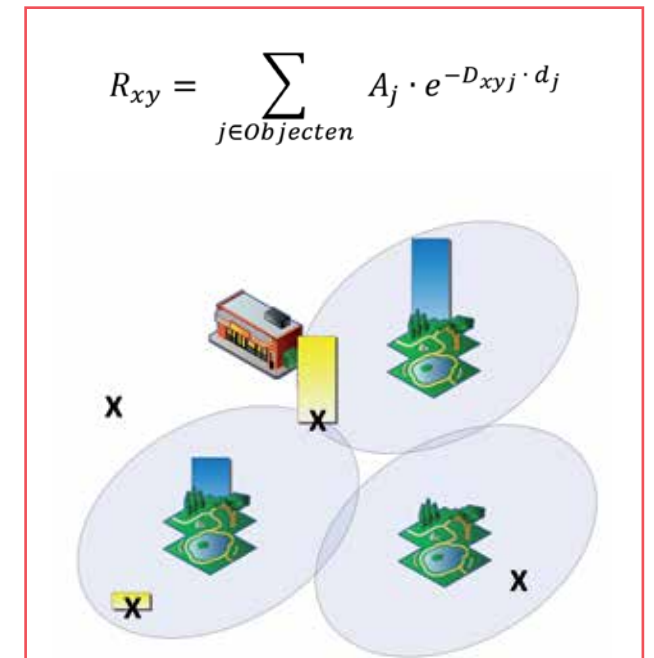
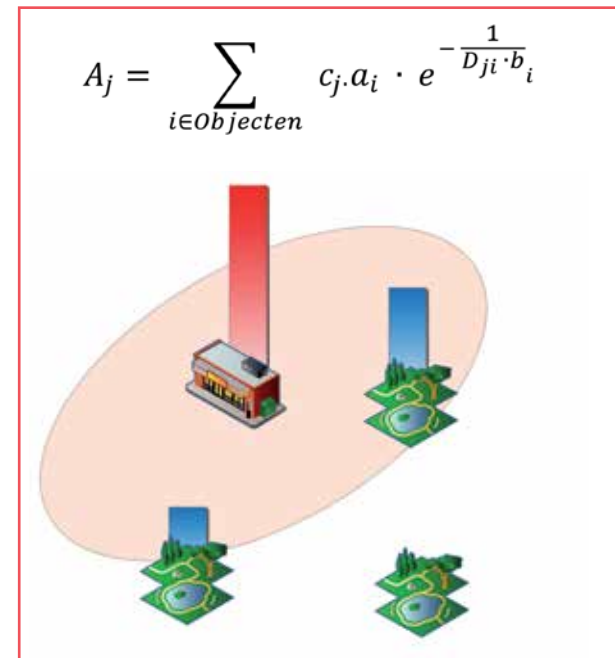
Interessante vraag is nu: 'Hoe goed representeert een dergelijk model de werkelijkheid?' of om de vraag anders te formuleren: 'Hoe goed is de theorie op de data gefit?'. Hierbij is het van belang te realiseren dat een model met een grote hoeveelheid vrijheidsgraden altijd bijna perfect gefit kan worden op een set gegevens. Het is dus van belang om niet te kijken naar de fit tussen trainingsdata en de bijbehorende voorspellingen (figuur 2) maar naar de voorspellingen voor een gebied dat niet is meegenomen in de trainingsdata. Specifiek voor dit doel is de stad Delft buiten de trainingsdata gehouden.



Figuur 2. De daadwerkelijke overlast in de trainingsdata (links) en de voorspelde waarde (rechts). Een bijna perfecte fit (een correlatie van 0,92).



Figuur 3. De daadwerkelijke overlast in Delft (links) en de voorspelde overlast (rechts)



Figuur 1. Het Precipitator & Attractor Model. De discotheek heeft een hoogte (rood) en een uitstootbereik (cirkel) van overlast. De overlast wordt aangetrokken (blauw) door de parken, afhankelijk van hun afstand tot de discotheek. Voor elke locatie (X) kan de overlast (geel) worden berekend op basis van de afstand tot de parken.

Als we de voorspellingen en daadwerkelijke cijfers van Delft naast elkaar leggen (figuur 3) blijkt dat de verhoudingen tussen de delen van de stad Delft redelijk goed zijn geschat (een correlatie van 0,79), maar de ordergrootte verkeerd is.

Dit kan veroorzaakt worden door een veel hogere concentratie van objecten in de stad Delft dan in de regio Haaglanden, of zelfs in Den Haag zelf. Logischerwijs zorgt dit direct ook voor hogere voorspellingen, aangezien zowel de afstanden als de hoeveelheid objecten heel anders is, dan in de trainingsset. Dit is mogelijk een gevolg van de *crowdsourcing* aanpak van OpenStreetMaps, welke de bron was van de objecten database, waarbij de detaillering van een gebied afhangt van de gebruikers en daarom niet uniform is.

## Conclusies

Gezien de resultaten kunnen we concluderen dat de *fitting the theory to the data* aanpak succesvol is geweest. Het was niet alleen mogelijk om de bestaande theorieën uit de environmental criminology om te vormen tot een kwantitatief voorspelmodel op basis van data uit de regio Haaglanden, maar deze lijkt ook goed te generaliseren naar een ander gebied als Delft. Om het daadwerkelijk in praktijk te kunnen inzetten, zou het model nog verder verrijkt moeten worden met additionele informatiebronnen. Maar zelfs in de huidige vorm biedt het al handvat-

ten aan de 'praktijk', zoals beleidsmakers. Naast deze praktische toepassing is het tevens niet ondenkbaar dat deze aanpak ook gebruikt kan worden door 'theoretici' om bestaande theorieën aan te scherpen, of uit te breiden door te kijken in hoeverre de data past op de theorie.

## LITERATUUR

- Brantingham, P., & Brantingham, P. (1995). Criminology of place. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 3(3), 5-26.
- Lochner, L. (2004). Education, Work, and Crime: A Human Capital Approach. *International Economic Review*, 45(3), 811-843.
- Mehryar Mohri, A. R. (2012). *Foundations of Machine Learning*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wilson, A. G. (1970). *Entropy in Urban and Regional Planning*. Buckinghamshire: Leonard Hill Books.
- Wortley, R. (2008). Situational Crime Precipitators. In R. Wortley, *Environmental Criminology and Crime Analysis* (pp. 48-69). Cullompton, UK: Willan Publishing.

SELMAR SMIT is aan de Vrije Universiteit gepromoveerd op het onderwerp machine learning, en sindsdien werkzaam als data scientist bij TNO.  
E-mail: <selmar.smit@tno.nl>

BOB VAN DER VECHT studeerde kunstmatige intelligentie aan de Rijksuniversiteit Groningen en is hierin in 2009 gepromoveerd aan de Universiteit Utrecht. Hij werkt sindsdien als onderzoeker bij TNO op het gebied van operations research.  
E-mail: <bob.vandervecht@tno.nl>

LAYLA LEBESQUE heeft Econometrics and Operations Research gestudeerd aan de Universiteit Maastricht en is werkzaam bij TNO als technisch consultant op het gebied van data modeling & operations research.  
E-mail: <layla.lebesque@tno.nl>



## MET HET OOG OP WACHTTIJD

SAMUEL P.J. VAN BRUMMELEN, HENDRIK A. VAN LEIDEN, MARTIN B.A. HEEMSKERK & NICO M. VAN DIJK

Zonder een goed functionerend hoornvlies, hierna genoemd cornea, kunnen de ogen hun taak niet goed uitvoeren. Iets meer dan 100 jaar geleden, in 1905, werd de eerste succesvolle transplantatie van een cornea van een overleden donor uitgevoerd in Tsjechië, door oogarts Zirm. Mede door de ontwikkeling van operatiemicroscopen, extra dun hecht draad en het gebruik van antibiotica worden vandaag de dag in Nederland ongeveer 900 corneatransplantaties per jaar uitgevoerd. In Nederland is de Nederlandse Transplantatie Stichting (NTS) verantwoordelijk voor het toewijzen van cornea's aan patiënten (Bokhorst et al., 2007).

De gemiddelde wachttijd voor een cornea in Nederland is ongeveer een half jaar, ofwel 175 dagen. (Zie figuur 1) De door de NTS en oogartsen meest genoemde oorzaken zijn een tekort aan operatiecapaciteit en cornea's en de fluctuatie in zowel vraag als aanbod van cornea's. Ons eerste doel was te onderzoeken in welke mate deze zaken de wachttijd beïnvloeden. Een tweede doel was mogelijke verbeteringen aan te dragen.

Er zijn drie hoofdsoorten corneatransplantaties te onderscheiden: lamellaire (ongeveer 60%), ongetypeerde (ongeveer 30%) en getypeerde transplantaties (ongeveer 10%). Bij ongetypeerde transplantaties wordt de

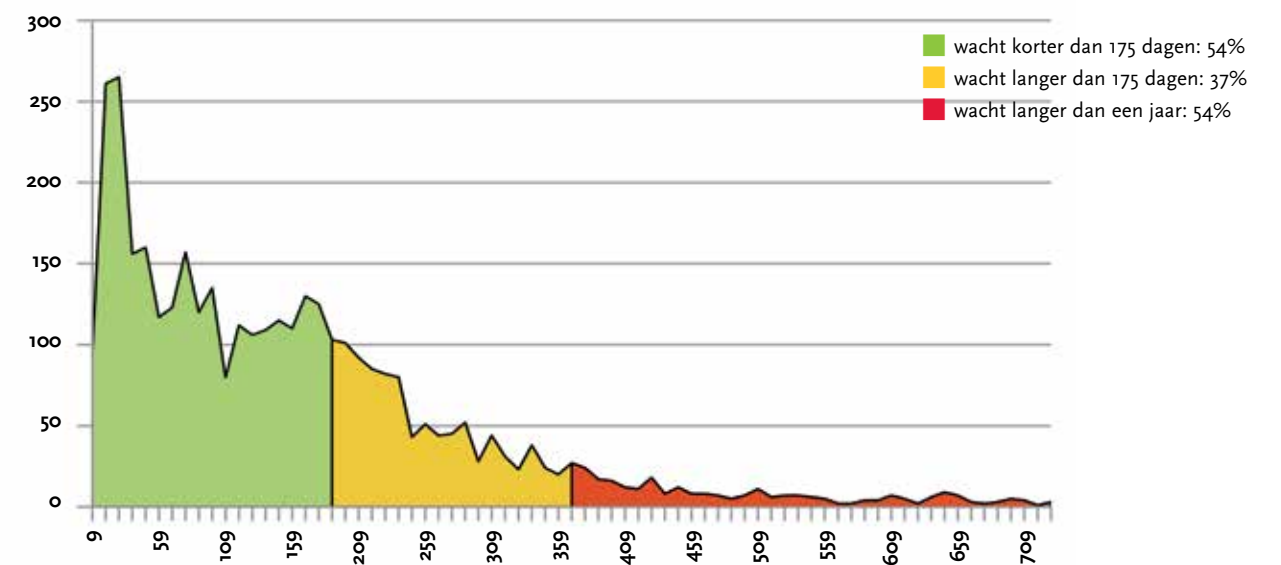
gehele cornea getransplanteerd, bij lamellaire transplantaties (ook ongetypeerd) wordt slechts een laag van de cornea getransplanteerd, bijvoorbeeld alleen de voor- of achterkant. Bij getypeerde transplantaties wordt tevens een maximaal verschil gesteld in HLA weefseltypering van donor en ontvanger.

Literatuur over cornea-wachttijden blijkt uiterst beperkt. Een Canadese studie uit 2004 (Cao, Dorrepaal, Seamone, & Slomovic, 2006) noemt een wachttijd van 51 weken tussen het stellen van de diagnose en een daadwerkelijke transplantatie, met als belangrijkste oorzaken voor deze wachttijd een tekort aan cornea's en operatiecapaciteit. In een vervolgstudie bleek deze wachttijd nagenoeg hetzelfde (Rasouli, Caraiscos & Slomovic, 2008). Een onderzoek uitgevoerd in 1996 naar onder andere de Nederlandse wachtlijst vermeld een gemiddelde wachttijd van ongeveer 8 maanden (Kalter & De By, 1997). In een studie van Böhringer et al. (2002) wordt de wachttijd voor HLA getypeerde transplantaties (in Nederland ruwweg 10%) geschat op basis van frequenties van HLA

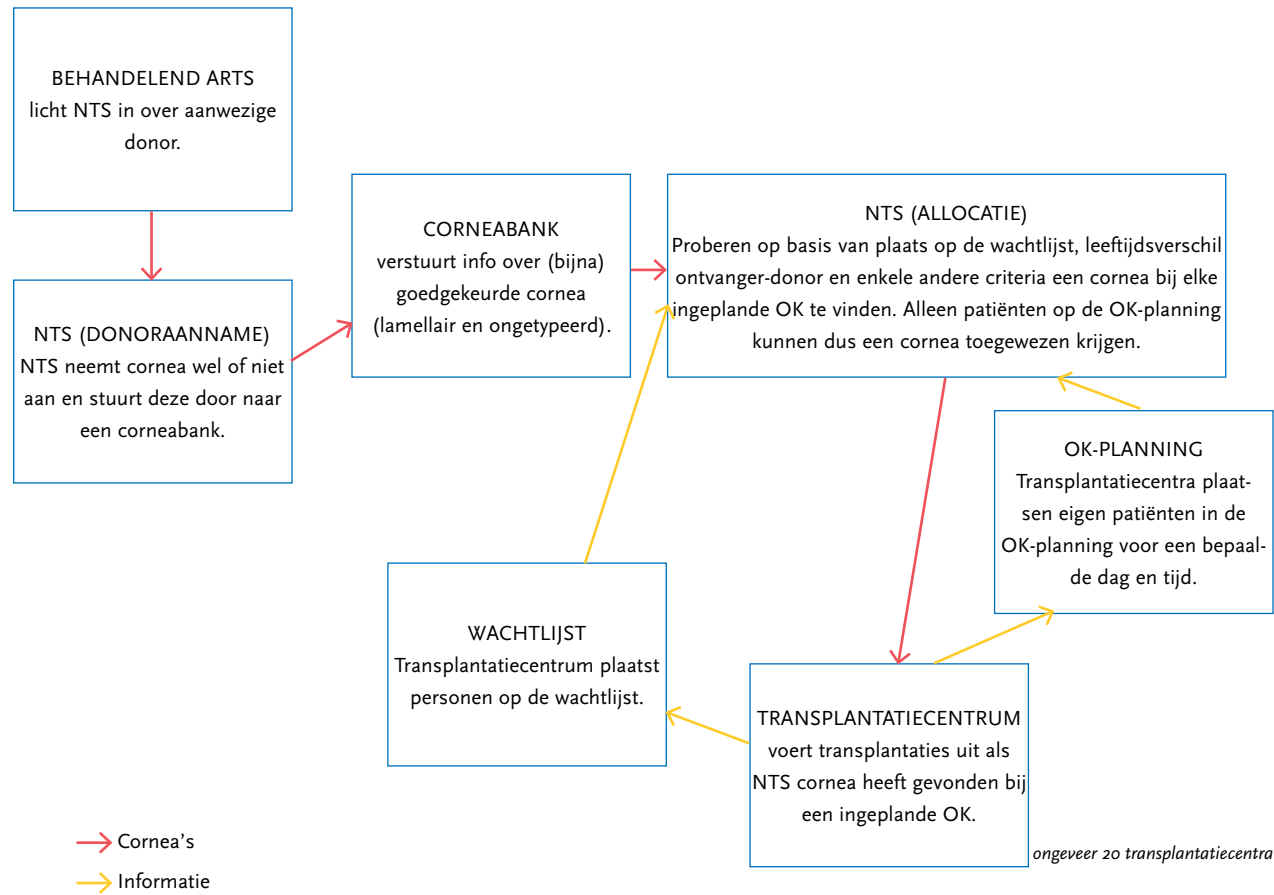
typeringen en survival analysis.

Een onderzoek met behulp van wachttijdanalyse en simulatie, zoals in dit onderzoek zal worden toegepast, heeft voor zover de auteurs bekend, nog niet plaatsgevonden.

Het onderzoek richt zich hierbij op enkel ongetypeerde en lamellaire transplantaties (ruwweg 90% van de in Nederland uitgevoerde transplantaties). Deze transplantaties worden met dezelfde groep cornea's uitgevoerd, en de allocatie gebeurt bij benadering met dezelfde systematiek. Er zijn echter bepaalde situaties, zoals een te slechte kwaliteit van een bepaalde laag van de cornea, waardoor de cornea alleen als lamellaire transplantaat kan dienen. Bij de cornea's die in het geheel van goede kwaliteit zijn is de keus voor een lamellaire dan wel een ongetypeerde transplantatie aan de behandelend oogarts. De gebruikte allocatie systematiek is ingewikkelder dan men in eerste instantie wellicht zou denken. Zo houdt elk transplantatiecentrum een eigen wachtlijst bij, maar is er ook een gecentraliseerde wachtlijst bij de



Figuur 1. De verdeling van de wachttijden over de patiënten. De horizontale as toont wachttijden, opgedeeld in intervallen van 10 dagen, de verticale toont de frequentie in 2010-2012



Figuur 2. Een schematische weergave van de systematiek vanaf de ontvangst van een donorcornea tot transplantatie van ongetypeerde en lamellaire cornea's

NTS. Een vereenvoudigde schematische weergave is te zien in figuur 2.

Uit data-analyse (data van de transplantaties in de periode 2010 tot en met 2012 en de wachtlijst op 11-2-2013) bleek dat er voor cornea's een hoge bezettingsgraad van ongeveer 94% geldt. Dit wil zeggen dat 94% van het aanbod nodig is om aan de vraag te voldoen. Vanuit de discipline van wachttijdtheorie is echter bekend dat een hoge bezettingsgraad in combinatie met de fluctuaties in vraag en aanbod kan leiden tot zeer hoge wachttijden

De eerste toegepaste methode is dan ook wachttijdtheorie. Hiertoe werd het proces ruwweg opgedeeld in drie te onderscheiden fasen.

De eerste fase betreft de fase voordat een centrum een operatie inplant. De patiënt (ontvanger) is in deze fase al aangemeld bij de NTS. Op het moment dat een operatie wordt gepland, gekoppeld aan een specifieke patiënt, dag en tijd, begint fase 2. Deze planning vindt vanuit een centrum plaats, gemiddeld 39 dagen voor-

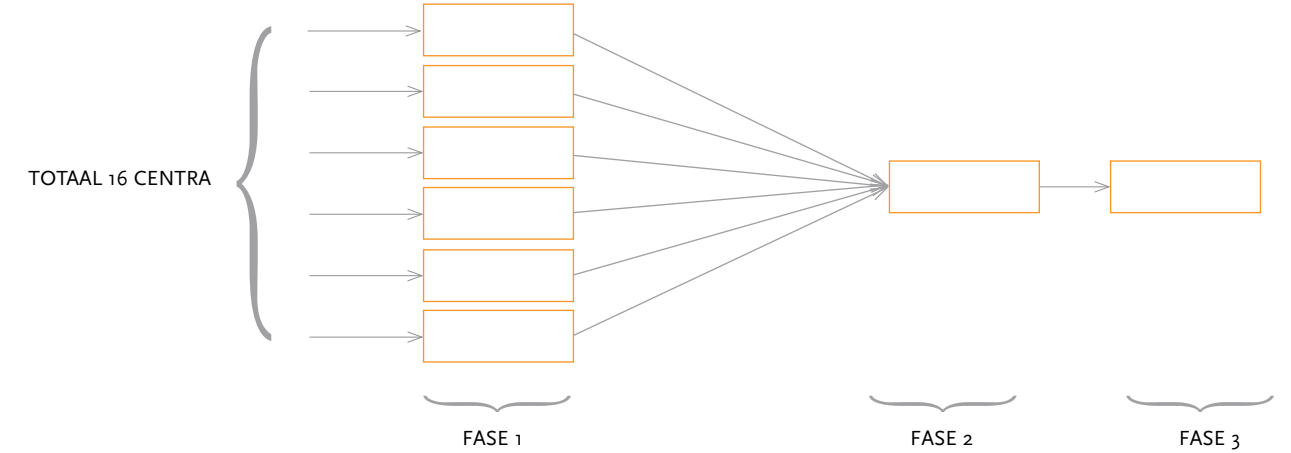
afgaand aan de operatie zelf. De NTS begint echter pas met zoeken naar een geschikte cornea gemiddeld zo'n anderhalve week voor de operatie. Daarmee start een derde fase waarin de NTS actief naar een geschikte cornea zoekt. De eerste fase dient dus te worden beschouwd als bij een centrum plaatsvindend, de tweede en derde als bij de NTS.

Dit totale proces kan worden voorgesteld als een zogenaamd netwerk van wachtrijen (zie Boucherie, Van Dijk, 2011), zoals schematisch weergegeven in figuur 3.

Voor dit netwerk kan een zogenaamde productformule worden bewezen voor de aantallen op de wachtlijst voorkomende patiënten bij de verschillende centra en fasen, zoals weergegeven in figuur 4.

Met deze productformule is het gelegitimeerd elke fase afzonderlijk te bekijken en met standaard wachttijdformules te berekenen hoeveel patiënten er in de desbetreffende fase aanwezig zijn en hoe lang ze daar verblijven (wachten) in die fase van het proces.

Deze berekeningen resulteren in een gemiddelde



Figuur 3. Schematische weergave van de fasen in de planning van een corneatransplantatie (er zijn meer dan 16 centra, maar centra met minder dan 10 transplantaties in 3 jaar zijn samengevoegd tot 1 centrum)

totale wachttijd van ongeveer 60 dagen. Het analytisch model bleek hiermee de werkelijke gemiddelde wachttijd (175 dagen) nog onvoldoende realistisch te benaderen. Wel kwam de berekening van de laatste fase van het proces goed overeen en bleek het model uiterst nuttig als eerste stap voor inzicht en validatie van een simulatiemodel, als hieronder beschreven.

Voor verdere toepassing van wachttijdmodellering en het netwerkmodel diende daarom gekozen te worden voor een simulatiemodel. Hoewel het analytische model op zichzelf niet exact de juiste resultaten gaf, bleek het

goed bruikbaar voor de validatie. Een verdere toepassing van het simulatiemodel voor het vergelijken van scenario's is daarmee gerechtvaardigd.

Tabel 1 toont de resultaten van het simulatiemodel ten opzichte van het analytische model voor fase 3 van de allocatieplanning op basis van drie van de vier centra die de meeste transplantaties hebben uitgevoerd in de jaren 2010 t/m 2012.

Als tweede stap is vervolgens met het simulatiemodel naar een mogelijke oorzaak van de wachtlijst gezocht. De NTS gaf aan dat er in de laatste jaren aan-

De invoerparameters van het model zijn:

|   |  |
|---|--|
| $\lambda_i$ aankomst snelheid centrum $i$ | aantal patiënten dat per dag binnenkomt $i \leq 1$     |
| $\mu_i$ bedienschnelheid centrum $i$      | aantal geplande operaties per dag $i \leq 1$           |
| $\mu_i$ bedienschnelheid fase 2           | vastgesteld op 29 dagen, gebaseerd op praktijk $i = 1$ |
| $\mu_i$ bedienschnelheid fase 3           | aantal cornea's dat per dag beschikbaar komt $i = 1$   |

Er geldt de volgende zogenaamde productformule voor de stationaire kansen  $\pi(\vec{n})$  met  $\vec{n} = (n_1, n_2, \dots, n_{18})$  voor het aantal patiënten  $n_i$  bij centrum  $i = 1, \dots, 16$ , fase 2 ( $i=17$ ) en fase 3 ( $i=18$ ):

$$\pi(\vec{n}) = \pi(\vec{0}) \left[ \prod_{i=1}^{16} \left( \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right)^{n_i} \right] \left( \frac{\sum_{i=1}^{16} \lambda_i}{\mu_{17}} \right)^{n_{17}} \frac{1}{n_{17}!} \left( \frac{\sum_{i=1}^{16} \lambda_i}{\mu_{18}} \right)^{n_{18}}$$

Figuur 4. Wiskundige oplossing van het in figuur 3 weergegeven netwerk.

|           | BEPAALE WACHTLIJST (ANALYTISCH) | BEPAALE WACHTLIJST (SIMULATIE) |
|-----------|---------------------------------|--------------------------------|
| CENTRUM 1 | 5,02                            | 8,40                           |
| CENTRUM 2 | 3,49                            | 4,03                           |
| CENTRUM 3 | 4,55                            | 5,04                           |

Tabel 1. De validatie van met simulatie bepaalde wachtlijsten voor drie van de vier grootste transplantatiecentra. De namen van de transplantatiecentra zijn in verband met vertrouwelijkheid niet weergegeven

passingen in de systematiek hebben plaatsgevonden voor de beschikbaarheid van cornea 's, onder andere door verscherping van exporteisen. Het vermoeden ontstond dat de huidige wachttijd in belangrijke mate een gevolg was van een reeds in het verleden sterk opgebouwde wachtlijst. Nadat een dergelijke wachtlijst was toegevoegd liet het simulatiemodel vrij nauwkeurig de werkelijke wachttijd zien van ongeveer 170 dagen.

Nu hiermee een goede modellering was verkregen, is als derde stap een aantal modellen ontwikkeld en gesimuleerd voor mogelijke verbeteringen. Tabel 2 geeft een beknopt overzicht.

Het basismodel betreft de huidige situatie, zoals omschreven. Model 1 onderzoekt het effect van meer beschikbare cornea's, meer operatiecapaciteit of een combinatie van beiden. In model 2 worden operaties niet meer volledig onafhankelijk van de NTS ingepland. Er wordt rekening gehouden met het aantal cornea's op voorraad. In model 3 worden operaties niet meer gepland door de centra zelf, maar door de NTS.

De simulaties laten onder andere de volgende opmerkelijke resultaten zien:

- Model 1 biedt significante verbeteringen in wachttijd ten opzichte van het basismodel.
- Modellen 2 en 3 leiden niet tot een significant betere wachttijd, maar wel tot minder fluctuaties in het wekelijkse tekort of overschot aan cornea's, en dus kleine afnamen van het aantal OK-afzeggingen en verlopen cornea.

Resultaten van model 1 zijn gepresenteerd in tabel 3. Uit deze tabel blijkt dat onder de bestaande situatie de wachttijd over 7 jaar naar verwachting slechts ongeveer 45 dagen zou zijn afgenomen. Een verhoging van 5% van het aantal donoren met hetzelfde aantal operaties, zou daarentegen al ruim een halvering in de wachttijd opleveren (van 128 naar 54 dagen). Ook is zichtbaar dat een tekort aan operatiecapaciteit, als veel genoemde oorzaak van wachttijd, niet zo'n sterk effect heeft als algemeen gedacht. Pas als het aanbod van cornea's behoorlijk is

| MODEL NUMMER          | BESCHRIJVING  |
|-----------------------|---|
| <b>Basismodel (o)</b> | Het model dat wordt gebruikt om de werkelijkheid te simuleren                       |
| 1                     | De hoeveelheid beschikbare cornea's en de operatiecapaciteit worden aangepast       |
| 2                     | De hoeveelheid beschikbare operaties hangt af van de hoeveelheid aanwezige cornea's |
| 3                     | Centra plannen geen operaties meer, NTS neemt contact op als er een cornea is.      |

Tabel 2. Scenario's getest met behulp van simulatie

| CORNEA FACTOR \ OPERATIE FACTOR | CORNEA FACTOR |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------|------|------|------|------|------|
|                                 | 0,95          | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 |
| 0,95                            | 231           | 135  | 73   | 41   | 40   | 41   |
| 1,00                            | 225           | 128  | 54   | 28   | 25   | 27   |
| 1,05                            | 232           | 127  | 48   | 22   | 17   | 17   |
| 1,10                            | 221           | 127  | 41   | 18   | 14   | 14   |
| 1,15                            | 225           | 120  | 40   | 14   | 12   | 12   |
| 1,20                            | 225           | 127  | 36   | 14   | 11   | 12   |

Tabel 3. De wachttijd in het 7e jaar van de simulatie in dagen. De cornea-factor en operatie-factor dienen als volgt te worden geïnterpreteerd: een factor van 0,95 geeft aan een verlaging met 5% t.o.v. de huidige situatie, een factor van 1,10 een 10% verhoging. Groen toont een significante verbetering, oranje geen significante wijziging en rood een significante verslechtering. De huidige (ongewijzigde) situatie is in grijs weergegeven.

toegenomen (10%) leidt een verhoging van de operatiecapaciteit tot een significante en interessante verlaging van de wachttijd.

Samenvattend kunnen de volgende conclusies na dit onderzoek worden getrokken:

- De belangrijkste oorzaak van de wachttijd lijkt een in het verleden opgebouwde wachtlijst.
- De verwachting is dat de wachttijd ook zonder interventie zal dalen. Deze daling verloopt echter zeer langzaam en kan gemakkelijk verstoord worden door een kleine groei van het aantal instromende patiënten.
- Het analytisch model bood zowel eerste nuttige inzichten als een goede validatie voor het gebruikte simulatiemodel.
- Voor een robuuste wachttijdreductie op middellange en lange termijn is een verhoging van het aantal donoren met een paar procent noodzakelijk.
- Een verhoging van de operatiecapaciteit biedt pas interessante voordelen bij een verhoging van het aantal beschikbare cornea's met 10%.
- Een toename van 10% van het cornea aanbod biedt een sterke wachttijdreductie.

#### LITERATUUR

Böhringer, D., Reinhard, T., Böhringer, S., Enczmann, J., Godehard, E. & Sundmacher, R. (2002). Predicting time on the waiting list for HLA matched corneal grafts, *Tissue Antigens*, 59(5), 407-411.

Bokhorst, A.G., Haase-Kormwijk, B.J.J.M., Hoitsma, A.J., Busato, C.M.J., van Duin, F.J. & Porte, R.J. (2007). *Orgaan- en weefseldonatie en -transplantatie in Nederland*, een uitgave in het kader van het tienjarig bestaan van de Nederlandse Transplantatie Stichting. Leiden: Nederlandse Transplantatie Stichting.

Boucherie, R.J. & Van Dijk, N.M. (Eds.) (2011). *Queuing Networks: A fundamental approach*. New York: Springer.

Cao, K.Y., Dorrepaal, S.J., Seamone, C., Slomovic & A.R. (2006). Demographics of corneal transplantation in Canada in 2004. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 41(6), 688-692.

Kalter, E.S.J. & De By, T.M.M.H. (1997). Tissue banking programmes in Europe. *British Medical Bulletin*, 53(4), 798-816.

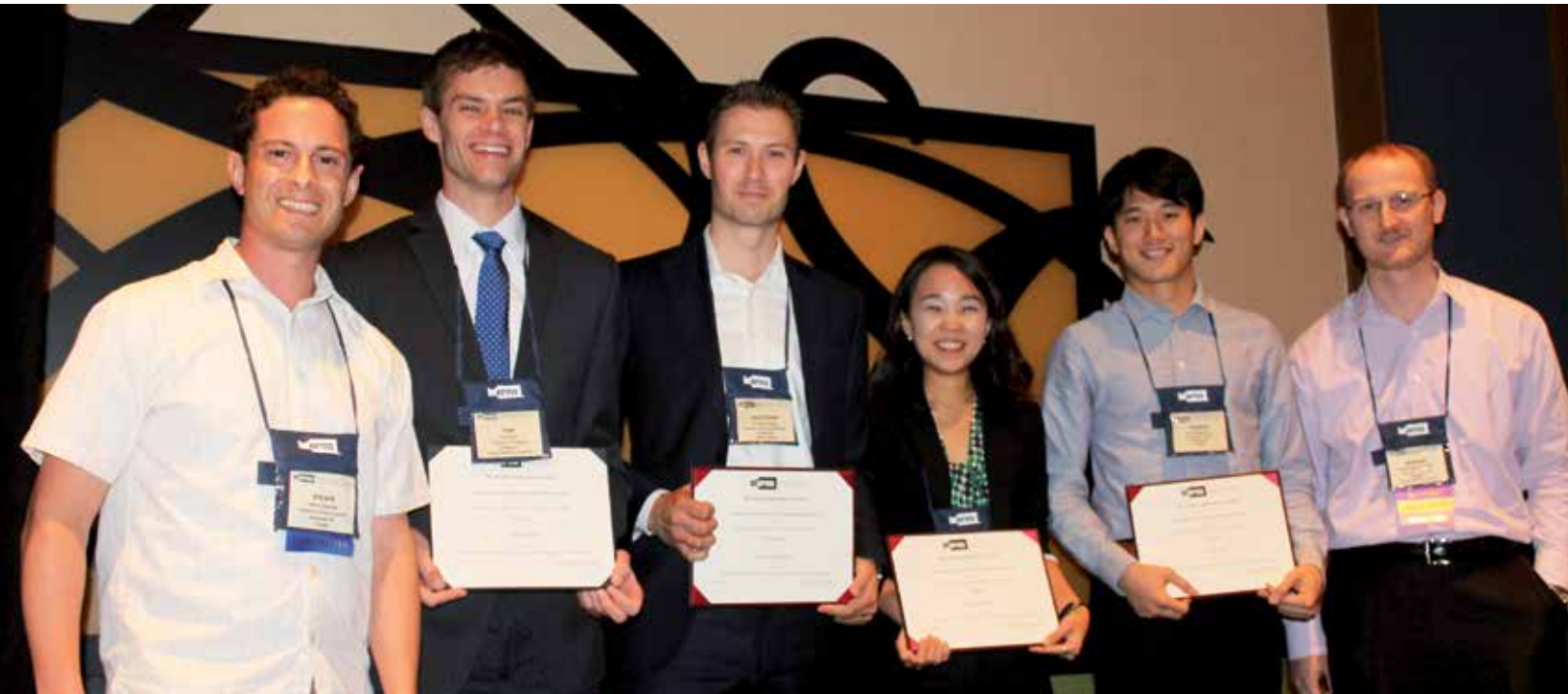
Rasouli, M., Caraiscos, V.B. & Slomovic, A.R. (2008). Efficacy of Routine Notification and Request on reducing corneal transplantation wait times in Canada. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 44(1), 31-35.

SAMUEL VAN BRUMMELEN is promovendus bij Stochastic Operations Research (SOR) en Centre for Healthcare Operations Improvement & Research (CHOIR), Universiteit Twente. E-mail: <s.p.j.vanbrummelen@utwente.nl>

HENDRIK VAN LEIDEN is senior onderzoeker bij de Nederlandse Transplantatie Stichting. E-mail: <r.vanleiden@transplantatiestichting.nl>

MARTIN HEEMSKERK is senior onderzoeker bij de Nederlandse Transplantatie Stichting. E-mail: <m.heemskerk@transplantatiestichting.nl>

NICO VAN DIJK is als hoogleraar verbonden aan SOR en CHOIR van de Faculteit EWI, Universiteit Twente. E-mail: <n.m.vandijk@utwente.nl>



Uitreiking van de 2013 INFORMS Health Applications Society Student Paper Competition; Kristiaan Glorie staat derde van links

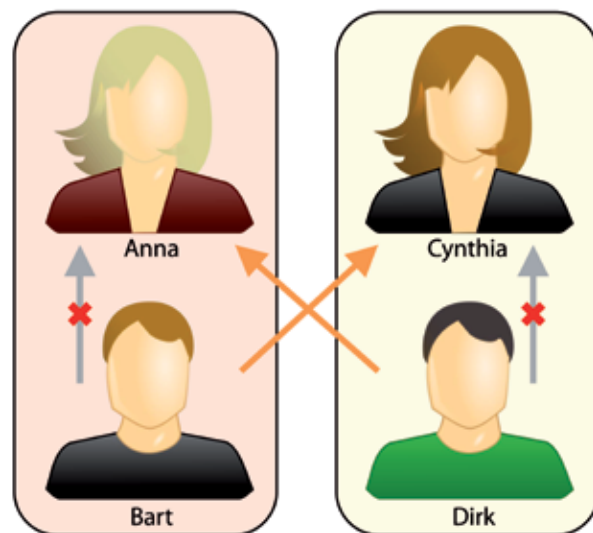
## Kristiaan Glorie wint 2de prijs INFORMS Student Paper Competition

Kristiaan Glorie, promovendus bij het Econometrisch Instituut van de Erasmus Universiteit Rotterdam, heeft onlangs de 2de prijs gewonnen in de 2013 INFORMS Health Applications Society Student Paper Competition. De prijs werd uitgereikt tijdens een conferentie in Chicago, georganiseerd door het *Institute for Operations Research and the Management Sciences*.

De papers van de vier finalisten waren geselecteerd en beoordeeld als de beste op het gebied van toepassingen in de gezondheidszorg, zowel qua methodologie als de mogelijkheden voor impact. Kristiaan Glorie was de enige van een universiteit buiten Noord-Amerika.

Glorie's paper, getiteld *Iterative Branch-and-Price for Hierarchical Multi-Criteria Kidney Exchange [1]*, is een gezamenlijke werk, samen met zijn begeleiders de hoogleraren Albert Wagelmans van de Erasmus School of Economics (ESE) en Joris van de Klundert van het Instituut Beleid en Management Gezondheidszorg (iBMG). Het paper presenteert een geavanceerde mathematische programmeringmethode

voor het bepalen van optimale toewijzingen in ruilmarkten. De methode is in het bijzonder geschikt voor het toewijzen van nierpatiënten aan donoren, wanneer er veel patiënten en donoren en meerdere criteria in aanmerking moeten worden genomen. Het onderzoek is onderdeel van een voortdurende samenwerking tussen onderzoekers van de ESE, het iBMG, Erasmus MC en de Nederlandse Transplantatie Stichting (NTS). Verwante wetenschappelijke artikelen werden onlangs voor publicatie geaccepteerd in *Transplantation* en *Transplant International*, twee van de toptijdschriften op het gebied van operaties. In *STAtOR* verscheen eerder ook een artikel over dit onderzoek.<sup>2</sup>



1. Glorie, K.M., Wagelmans, A.P.M. & Van de Klundert, J.J. (2012). *Iterative branch-and-price for hierarchical multi-criteria kidney exchange* (No. El 2012-11). Report / Econometric Institute (pp. 1–24). Rotterdam: Erasmus School of Economics (ESE). Retrieved from <http://hdl.handle.net/1765/38649>
2. Glorie, K.M., Wagelmans, A.P.M. & Van de Klundert, J.J. (2012). Ethisch optimaliseren van het ruilen van nieren. *STAtOR* 13(3-4), 52-56.



## Ik zie, ik zie, wat jij niet ziet ...

dingen die wel in het artikel maar niet in de literatuurlijst staan. Ook probeer ik zoveel mogelijk de consistentie te bewaken, bijvoorbeeld door streng te letten op een identieke opmaak van titels bij figuren en tabellen. Verder lees ik alles heel kritisch, regelmatig kom ik dingen tegen als een parameter die in de tekst  $\lambda$  heet, maar in de bijbehorende illustratie  $\eta$ . Voor zover mogelijk reken ik ook alles na en vraag de auteurs om een reactie als ik denk dat er iets niet klopt.

Vanaf het eerste reguliere nummer heb ik deel uitgemaakt van de redactie van *STAtOR*. Na enkele redactievergaderingen waarin ik steeds maar op kleine en grote fouten in de verschenen nummers wees waren mijn collega's het zat. Ze wachtten tot ik naar het toilet ging en deelden me bij terugkomst mee dat ik met algemene stemmen was benoemd tot eindredacteur. Dan kon ik tenminste van tevoren al die ongerechtigheden er uit halen, ik had daar kennelijk een duivels oog voor.

Wat houdt die functie als eindredacteur van *STAtOR* eigenlijk in? Onze artikelen worden slechts licht 'gerefereerd'. En bovendien gebeurt dat al door de redacteur met wie onze auteurs contact hebben, pas daarna krijg ik ze te zien. Wat zou een eindredacteur dan nog moeten toevoegen? Ik kan daar uitvoerig over uitweiden, maar ik denk dat ik beter een voorbeeld kan geven.

Dankzij de uitgekende reclame kennen we allemaal WC-eend. Sterker nog, dit product heeft geleid tot een moderne versie van de oude uitdrukking over slagers die hun eigen vlees keuren: 'Wij van WC-eend adviseren WC-eend'. Maar hebt u wel eens goed naar zo'n fles gekeken? Daar is van alles niet-kloppend aan! De hals is een zwanenhals en de vogel op het etiket is een gans. En dan toch je product WC-eend noemen, je moet maar lef hebben. Maar misschien is het wel helemaal geen opzet en wordt dit veroorzaakt doordat men op het reclamebureau geen eindredacteur heeft met een kritische blik.

Inderdaad, met een kritische blik kijken, dat is eigenlijk de essentie van het werk van een eindredacteur. In vrijwel alle artikelen ontdek ik wel iets, variërend van verkeerd geplaatste of ontbrekende komma's tot vermel-

Speciale aandacht geef ik aan citaten in andere talen dan het Nederlands. Ik controleer systematisch alle afbrekingen van woorden in het Engels aan het einde van een regel, de regels daarvoor zijn totaal afwijkend van de Nederlandse. En bij jongere auteurs merk ik goed de mindere aandacht voor Frans en Duits op de middelbare school, zij vergissen zich in het Frans soms in de mannelijke respectievelijk vrouwelijke vorm van bijvoeglijke naamwoorden.

Kun je deze ultieme vorm van muggenzifterij leren? Het antwoord is denk ik zowel ja als nee. Je kunt jezelf trainen om systematisch een lijst van veel gemaakte foutjes af te werken, dan kom je een heel eind. Maar een zekere perverse aanleg voor controle is onontbeerlijk, sommige dingen zie je nu eenmaal niet als je daar niet de juiste hersenkronkel voor hebt. Als mijn vreemdste waarneming beschouw ik de advertenties van Philips voor een nieuw soort gloeilamp rond 1985. Op een dag viel me op dat de schroefdraad op de afbeeldingen een linkse was in plaats van een rechtse. Kennelijk had een grafisch ontwerper de dia met de afbeelding verkeerd om gebruikt en had niemand gemerkt dat hierdoor een lamp ontstond die in geen enkele fitting zou passen.

Met dit alles wil ik niet zeggen dat *STAtOR* foutloos bij u op de mat valt. Ik doe mijn best, maar daarbij voel ik me altijd geruggenstund door een Chinees spreekwoord dat zegt dat in ieder boek tenminste één fout moet staan zodat zelfs de domste man kan denken dat hij slim is.

GERRIT STEMERDINK is eindredacteur van *STAtOR*  
E-mail: <gjstemerding@hotmail.com>

# Willem van Zwet

## voortrekker van de stochastiek

WIM SENDEN

In 1989 werd door de toenmalige minister van Onderwijs en Wetenschappen de Verkenningcommissie Wiskunde ingesteld, die een rapport uit moest brengen over verleden, heden en toekomst van het onderzoek en onderwijs in de wiskunde in Nederland. Willem van Zwet maakte deel uit van de commissie. Het rapport *Wiskunde in beweging* verscheen in 1992. Een van de aanbevelingen was: 'Neem op Europees niveau het initiatief om te komen tot de oprichting van een Europees instituut voor fundamenteel en toegepast onderzoek in de statistiek, kansrekening en operations research.' Van het laatste gebied werd met name het non-deterministische deel van operations research bedoeld, tegenwoordig meestal aangeduid met stochastische besliskunde, zoals de verzameling van deze drie vakgebieden ook wel stochastiek wordt genoemd.

De argumentatie was kort samengevat: 'Stochastiek is in potentie van groot belang voor onze complexe technologische maatschappij. De drie vakgebieden worden in Nederland weliswaar op hoog niveau beoefend, maar de omvang is te kleinschalig om een sterke maatschappelijke impact te hebben. Dit is ook in veel andere Europese landen het geval; dit in tegenstelling tot de USA waar veel universiteiten over grote *statistics departments* beschikken.'

### EURANDOM

Na de positieve reactie van de minister van O&W op het rapport ontwikkelde Willem van Zwet samen met Mike Keane en Jaap Wessels een concreet plan voor de oprichting van EURANDOM. Het verhaal gaat dat het drietal bij een goed glas deze voorlopige naam 'ontdekte' als acronym van European Unit for Research and Analysis of Non-Deterministic Operational Models. In de praktijk is het een uitstekende merknaam gebleken met gemakkelijke associaties naar EU(ropa) en RANDOM.

Het voorstel werd besproken en getoetst door een internationaal panel van experts en kreeg tevens de instemming van de wiskunde-gemeenschap in Nederland.

In 1995 werd het aangeboden aan de minister van O&W en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Overtuigd van de zinvolheid reserveerde NWO een startbudget en begon een behoefteonderzoek bij haar Europese zusterinstellingen. Verder adviseerde NWO de minister een basisfinanciering voor 5 jaar te reserveren uit een speciaal fonds voor internationale faciliteiten. Vervolgens werd voor de keuze van de vestigingsplaats een competitie uitgeschreven onder de Nederlandse universiteiten en het Centrum voor Wiskunde en Informatica, die gewonnen werd door de TU/e. Eindhoven werd de vestigingsplaats van EURANDOM.

In 1998 was het zover, EURANDOM ging van start. Willem van Zwet was de eerste wetenschappelijk directeur. Zonder twijfel is hier het spreekwoord 'de aanhouder wint' van toepassing, maar dan wel een aanhouder die het schaakspel bij 'research funding' zeer goed beheerst en over een uitgebreid netwerk in wetenschappelijke en ambtelijke kringen beschikt. En, een noodzakelijke beginvoorwaarde, een goed doortimmerd visionair voorstel had.

### Vliegende start

Van begin af aan werd het onderzoek van EURANDOM georganiseerd in thematische programma's rondom zorgvuldig gekozen onderwerpen, die op middellange termijn aangepast zouden worden. In een intensieve sessie van enkele dagen met de wetenschappelijke raad werden de keuzes gemaakt mede op basis van een reeks van voorstellen uit het vakgebied.

Gestart is met de volgende vijf programma's: Applications of Statistics, Financial Stochastics, Interacting Stochastic Systems, Complex Statistical Models en Stochastic Networks. Een tweetal jaar later is hier een zesde aan toegevoegd: Computational Molecular Biology. Voor elk programma werd een stuurgroep gevormd en een programmaleider/supervisor benoemd. Dankzij zijn indrukwekkende wetenschappelijke netwerk kon Willem van Zwet velen uit de top van de *stochastic community* – voornamelijk uit Europa of USA – betrekken bij



EURANDOM; om zitting te nemen in de wetenschappelijke raad, voor een programmastuurgroep of als programmaleider.

Vanuit de overtuiging dat het trainen van excellente junior researchers een van de belangrijkste bijdragen van EURANDOM aan de stochastiek zou zijn, werd gekozen voor een voltijdse wetenschappelijke staf van postdocs (basisomvang 20-25), slechts enkele promovendi (ca. 6) en de wetenschappelijk directeur. Tijdelijke contracten (veelal 2 jaar, wetenschappelijk directeur 5 jaar) zorgden voor een continue geleidelijke verandering in de samenstelling van de onderzoeksstaf en een verspreiding van de ontwikkelde expertise naar de instituten waar deze junior onderzoekers hun volgende baan vonden. De programmaleiders werden gedurende de looptijd van hun programma voor een dag in de week aan EURANDOM verbonden. Verder werd een uitgebreid visitor- en workshop-programma opgezet.

Mede door de betrokkenheid van een groot aantal bekende namen in de stochastiek bleek het geen enkel

probleem om bij de internationale werving van junior onderzoekers zeer hoge kwaliteit aan te trekken. Hetzelfde gold voor visitors. EURANDOM maakte daarmee een vliegende start.

Voor de inrichting van het instituut en de keuze van een (kleine) ondersteunende staf was zijn *missive* helder. Gastvrijheid, de zorg dat men zich thuis voelt, teamgevoel ondanks de verschillende nationaliteiten en culturen staan voorop. Verder zo weinig mogelijk belemmeringen voor het onderzoek: denken, discussiëren en schrijven moet dag en nacht kunnen. Dat is goed gelukt. Zo organiseerde de staf met hulp van postdocs en aio's allerlei professionele en sociale activiteiten, een prima afwisseling van het pittige mathematische werk. Maar achter de schermen gebeurde veel meer. Bezoekers roemden de service en vergeleken de sfeer al met het bubbelen van champagne of noemden EURANDOM het leukste instituut dat ze ooit bezocht hadden.

In 2000 trad Willem van Zwet terug als wetenschappelijk directeur. Daarna is deze functie achtereenvolgens vervuld door Frank den Hollander en Onno Boxma, die het instituut met verve geleid hebben; nu staat Remco van der Hofstad aan het roer.

### Enkele getallen:

Van de ruim 130 junior onderzoekers die bij EURANDOM in dienst geweest zijn, heeft een derde een vaste positie bij een Nederlandse universiteit of industrie gevonden. Elf zijn voltijds hoogleraar.

Per jaar organiseerde EURANDOM circa 10 workshops met in totaal 400 deelnemers; per jaar bezochten gemiddeld 35 visitors EURANDOM gedurende in totaal 80 weken.

NWO stopte na 2007 met zijn basisfinanciering van EURANDOM, waarna het instituut zich geleidelijk concentreerde op workshops, visitors en speciale thema-maanden. Tegelijk was EURANDOM ook actief in de totstandkoming van het stochastiekcluster STAR, waar NWO clusterfinanciering voor ter beschikking stelde. En recent werd in het kader van het zwaartekrachtprogramma van dit kabinet een programma Networks, waarin veel wetenschappers die aan EURANDOM gerelateerd waren of zijn, gehonoreerd met een forse subsidie voor tien jaar (22,7 miljoen euro).

EURANDOM heeft inderdaad een grote impuls gegeven aan de stochastiek in Nederland en elders.

Chapeau, Willem!

WIM SENDEN was tot 2007 zakelijk directeur van EURANDOM  
E-mail: <sendenwim@gmail.com>



## Een kaartspel dat staat als een huis

Eigenlijk had deze column moeten verschijnen in het vorige nummer van *STATOR* dat vlak voor de kerst verscheen. Menig lezer had dan tijdens de feestdagen veel plezier beleefd aan het kaartspel Humble-Nishiyama dat ik onlangs leerde van een YouTube filmpje. Het spel is bedacht door de wiskundigen Steve Humble en Yutaka Nishiyama.

Je speelt met een opponent het spel met een gewoon pak kaarten bestaande uit 26 zwarte kaarten en 26 rode kaarten. Een zwarte kaart geven we aan met de letter *Z* en een rode kaart met de letter *R*. Elk van de spelers kiest een reeks van lengte 3 uit de kleuren *Z* en *R*, bijvoorbeeld je opponent kiest *ZZR* en jij kiest *RZR*. Het pak kaarten wordt grondig geschud en daarna worden de kaarten één voor één omgekeerd op tafel neergelegd met de kleur naar boven totdat één van de twee gekozen reeksen van lengte 3 verschijnt. De speler bij wie de betreffende reeks hoort, krijgt een punt. De kaarten op tafel worden uit het spel verwijderd en doen er niet meer toe. Het spel wordt vervolgens voortgezet met de overgebleven kaarten. Elke keer dat één van de twee gekozen reeksen verschijnt, krijgt de speler met die reeks een punt en worden de kaarten op tafel uit het spel genomen en wordt verder gegaan met de overgebleven kaarten totdat alle 52 kaarten gebruikt zijn. De winnaar is de speler die aan het eind de meeste punten heeft verzameld. Als beide spelers aan het eind evenveel punten hebben, is sprake van een gelijkspel. In het kaartspel kiest je op-

ponent als eerste een reeks van lengte 3 uit de kleuren *Z* en *R*. De vraag is hoe beantwoord je de gekozen reeks van je opponent zodat je met maximale kans winnaar van het spel wordt?

Het antwoord op de gestelde vraag is eenvoudig en levert je een verrassend hoge winkans op. Maar voor we de oplossing geven, gaan we naar het zogenaamde Penney Ante spel dat in 1969 door Walter Penney werd gepubliceerd in *Journal of Recreational Mathematics*. In dit spel wordt met een munt geworpen, waarbij aangenomen wordt dat de kans op de uitkomst kop (*K*) gelijk is aan de kans op de uitkomst munt (*M*). Het spel gaat tussen twee spelers 1 en 2 die elk van te voren een reeks bestaande uit *K*'s en *M*'s van lengte 3 moeten kiezen. De munt wordt dan herhaaldelijk geworpen totdat één van de twee gekozen reeksen voor het eerst verschijnt, waarna het spel afgelopen is. Stel dat speler 1 als eerste zijn keuze voor een reeks van lengte 3 maakt en deze aan speler 2 laat zien, dan kan speler 2 altijd een reeks kiezen die met grotere kans eerder verschijnt dan de reeks van speler 1. De mogelijke keuzes

*KKK, KKM, KMK, KMM, MMM, MMK, MKM, MKK*

van speler 1, beantwoordt speler 2 met de respectievelijke keuzes

*MKK, MKK, KKM, KKM, KMM, KMM, MMK, MMK.*

De respectievelijke winkansen voor speler 2 zijn dan

$7/8, 3/4, 2/3, 2/3, 7/8, 3/4, 2/3, 2/3.$

Deze kansen kunnen op verschillende manieren berekend worden. De meest inzichtelijke methode is de aanpak van Markov-ketens met absorberende toestanden. Dit is een simpele maar krachtige aanpak voor een omvangrijke klasse van kansproblemen. In mijn boek *Understanding Probability* (Cambridge University Press, 2012) wordt veel aandacht besteed aan deze voor studenten aansprekende aanpak. Veel kansproblemen laten zich op natuurlijke wijze formuleren als een dynamisch proces met toestanden en toestandsovergangen. Om dit voor het spel Penney Ante toe te lichten, stel dat speler 1 de reeks *KKM* kiest en speler 2 dit beantwoordt met *MKK*. Neem dan een Markov-keten met 7 toestanden die worden genoteerd als *o*, *K*, *M*, *KK*, *MK*, *KKM* en *MKK*, waarbij de hulptoestand *o* het begin van het spel aangeeft en de andere toestanden betrekking hebben op relevante informatie uit de laatst gedane worpen. De toestanden *KKM* en *MKK* worden absorberend genomen. Vanuit toestand *o* heb je overgangskansen 0,5 naar de toestanden *K* en *M*, vanuit toestand *K* overgangskansen 0,5 naar *M* en *KK*, vanuit toestand *M* overgangskansen 0,5 naar *M* en *MK*, vanuit toestand *KK* overgangskansen 0,5 naar *KK* en *KKM*, en vanuit toestand *MK* overgangskansen 0,5 naar *M* en *MKK*. De absorptiekans in toestand *MKK* is de kans dat *MKK* eerder optreedt dan *KKM* en kan dan volgens een standaardrecept voor Markov-ketens berekend worden als 0,75. Op dezelfde wijze kunnen de andere kansen berekend worden. De kans 0,875 dat *MKK* eerder optreedt dan *KKK* kun je direct inzien door op te merken dat *KKK* alleen eerder optreedt dan *MKK* als elk van de eerste drie worpen kop geeft. Voor elk van de andere gevallen kun je met de matrix van overgangskansen van de betreffende Markov-keten inzien dat speler 2 in het voordeel is. Overigens door alle mogelijke combinaties van zetten van speler 1 en tegenzetten van speler 2 door te rekenen, blijkt dat de bovenstaande tegenzetten van speler 2 op de mogelijke zetten van speler 1 de best denkbare zijn.

Terug naar het kaartspel met twee spelers 1 en 2, waarbij speler 1 als eerste zijn keuze voor een reeks van lengte 3 maakt. De sleutel tot de oplossing van het kaartspel is door in het Penney Ante spel de tegenzetten van

speler 2 op de mogelijke zetten van speler 1 aandachtig te bekijken. Het eerste element van de tegenzet van speler 2 is de tegengestelde van het tweede element van de zet van speler 1 en de laatste twee elementen van de tegenzet van speler 2 zijn de eerste twee elementen van de zet van speler 1 (het derde element van de zet van speler 1 doet er voor speler 2 niet toe). Dit leidt tot het antwoord op de vraag hoe in het kaartspel speler 2 moet reageren op de keuze van speler 1. De mogelijke keuzes

*ZZZ, ZZR, ZRZ, ZRR, RRR, RRZ, RZR, RZZ*

van speler 1, beantwoordt speler 2 met de respectievelijke keuzes

*RZZ, RZZ, ZZR, ZZR, ZRR, ZRR, RRZ, RRZ.*

De respectievelijke winkansen voor speler 2 zijn dan

0,995, 0,935, 0,801, 0,883, 0,995, 0,935, 0,801, 0,883,

terwijl de kansen op een gelijkspel gegeven worden door

0,004, 0,038, 0,083, 0,065, 0,004, 0,038, 0,083, 0,065.

Verrassend grote winkansen voor speler 2! Winkansen die nog groter zijn dan in de situatie van het Penney Ante spel. De reden van de toegenomen winkansen voor speler 2 is het feit dat in het kaartspel niet gestopt wordt nadat één van de gekozen reeksen opgetreden is, maar wordt doorgegaan met de resterende kaarten waardoor de kans van speler 2 om eindwinnaar te worden alleen maar toeneemt. De bovenstaande kansen zijn met computersimulatie bepaald. Ze zouden ook met behulp van een Markov-keten met absorberende toestanden exact berekend kunnen worden, maar dit is rekentechnisch minder simpel omdat je bij het kaartspel een Markov-keten nodig hebt met een 5-dimensionale toestandsruimte. Een open vraag is of de tegenzetten van speler 2 de best denkbare zijn. Mogelijk een leerzame opdracht voor studenten om dit na te gaan in het kader van een college computersimulatie.

HENK TIJMS is emeritus hoogleraar operations research aan de Vrije Universiteit en auteur van diverse leerboeken over operations research en kansrekening.  
E-mail: <tijms@quicknet.nl>



## LEARN ABOUT THE LATEST DEVELOPMENTS IN OPERATIONS RESEARCH

JOHN POPPELAARS

Op 16 januari 2014 vond in Lunteren voor de tweede keer een Back to School seminar plaats, georganiseerd door het Nederlands Genootschap Besliskunde (NGB) samen met het Landelijk Netwerk Mathematische Besliskunde (LNMB). Doel van het seminar is om de analytische professional de mogelijkheid te bieden kennis te nemen van de laatste ontwikkelingen in de Operations Research en Business Analytics. Het Back to School seminar beantwoordt aan de oproep die Alexander Rinnooy Kan deed tijdens zijn openingswoord op de OR2013 conferentie in Rotterdam. Hij pleitte ervoor dat, ondanks dat analytische professionals vele successen hebben geboekt met het in praktijk brengen van hun kennis, het onderhouden van die kennis een topprioriteit zou moeten blijven. Nieuwe ontwikkelingen in oplosstechnieken maken vraagstukken die enkele jaren geleden nog praktisch onoplosbaar waren, oplosbaar. Onderzoek van Martin Grötschel van het Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin illustreert dat. Martin Grötschel<sup>1</sup> toonde aan dat in 15 jaar tijd de vooruitgang in oplosstechnieken veel bepalender kan zijn voor de praktische toepassing van analytische methoden dan de toenemende rekenkracht van processoren (wet van Moore). Zonder permanente educatie blijven deze mogelijkheden onbekend waardoor verbeterpotentieel onbenut blijft.

Het Back to School seminar heeft per onderwerp een vast format bestaande uit een theoretisch deel, een deel

waarin de toepassing van de theorie in praktijk wordt toegelicht en wordt afgesloten met een praktische toepassing. Doel van het seminar is om de analytische professional voldoende houvast mee te geven over het onderwerp met inzicht in de laatste ontwikkelingen, wijzigingen naar boeken, websites en trainingen om zich verder in de materie te verdiepen. Het Back to School seminar biedt ook de mogelijkheid om onderwerpen die niet tot het gangbare curriculum van de opleidingen Econometrie, Operations Research of Business Analytics behoren onder de aandacht te brengen.

De hoofdthema's op Back to School seminar 2014 waren Constraint Programming (Kaisa Miettinen en Aswin Hoffman) en Multi Objective Optimisation (Paul Shaw en Stéphane Zampelli).

### I Know It When I See It

Kaisa Miettinen, hoogleraar aan de Universiteit van Jyväskylä in Finland en specialist op het gebied van Multi Criteria Decision Making, introduceerde de theorie van de *multi objective optimisation* en behandelde de praktische implicaties van de beschikbare oplosmethoden. De traditionele optimalisatie-aanpak veronderstelt een 1-dimensionale doelstellingsfunctie die afhankelijk of je econoom of ingenieur bent gemaximeerd of geminimali-

seerd wordt. De praktijk leert echter dat de analytische professional vaak met meervoudige conflicterende doelstellingen te maken krijgt. Denk aan de minimalisatie van de transportkosten en tegelijkertijd de maximalisatie van de service aan de klant. De traditionele optimalisatie technieken dwingen de professional om pragmatisch om te gaan met meervoudige doelstellingen door deze ofwel als beperking aan het model toe te voegen of ze via wegingsfactoren in de doelstelling van het model op te nemen. De interpretatie van de toegekende gewichten is in praktijk lastig, daarenboven kan door een kleine wijziging in de gewichten de oplossing drastisch wijzigen. Over het algemeen leidt dit gedrag niet tot vertrouwen bij de beslisser in het gebruikte model. Daarbij komt dat een beslisser over het algemeen niet op voorhand de gewichten van de afzonderlijke doelstellingen kan aangeven. Vanwege dit dilemma pleit prof. Miettinen voor een interactieve manier van optimalisatie. Door de beslisser verzamelingen van Pareto-efficiënte oplossingen aan te bieden kan de beslisser, computerondersteund, op zoek gaan naar de oplossing met de beste *trade-off* tussen de geformuleerde doelstellingen.

Een principe dat Aswin Hoffman, klinisch fysicus radiotherapie van de Maastricht clinic in Maastricht, gebruikt in zijn model voor het vaststellen van het beste behandelplan voor het bestralen van kankerpatiënten. Dit 'I Know It When I See It' principe speelt een belangrijke rol in de bepaling van het beste bestralingsplan voor de patiënt, waarin de klinisch fysicus nauw met de specialist samenwerkt. Door afwegingen tussen doelstellingen als de intensiteit van de bestraling en de aantasting van het omliggende weefsel op een interactieve en visuele manier te ondersteunen ontstaat een afgewogen plan. Deze aanpak biedt bovendien de mogelijkheid om ook de patiënt te betrekken in de vaststelling van het uiteindelijke behandelplan.

### CP een must-have voor iedere OR professional

Paul Shaw, Development Lead bij IBM, behandelde Constraint Programming (CP) het tweede hoofdthema van Back to School 2014. CP is een relatief nieuw onderzoeksgebied dat voortkomt uit de wereld van de Kunstmatige Intelligentie. CP biedt een nieuwe aanpak voor het oplossen van combinatorische problemen, vooral geschikt voor scheduling, sequencing, resource- en personeelsplanningsvraagstukken, en is complementair aan de traditionele oplosmethoden. CP biedt een 'taal' waarin combinatorische problemen efficiënt en intuïtief kunnen

worden geformuleerd. Kenmerkend is de manier waarop zoekstrategieën expliciet kunnen worden opgenomen in het model, dit maakt het mogelijk om domeinkennis van het op te lossen probleem expliciet mee te nemen in het opstellen en oplossen van het probleem. In de CP aanpak staan de restricties en de feasibility centraal. Het zoeken naar een oplossing met CP begint met het vaststellen van een toegelaten domein voor iedere beslisvariabele. Het domein van iedere beslisvariabele wordt verder verkleind door per restrictie de toegelatenheid te toetsen en de 'onmogelijke' waarde van een beslisvariabele uit het domein te verwijderen. Als alle restricties zijn geëvalueerd worden successievelijk restricties toegevoegd door beslisvariabelen op een van de overgebleven waarden uit hun domein vast te zetten. Als uiteindelijk het domein van een van de beslisvariabele leeg raakt is het probleem niet toegelaten. Zodra voor een van de beslisvariabele het domein maar één element bevat is er een toegelaten oplossing gevonden. Door het gebruik van *Global Constraints* kan dit zoekproces worden versneld. Paul Shaw geeft aan dat met name in situaties waarin de IP formulering lastig is of als de LP relaxatie van een probleem niet veel informatie oplevert een CP aanpak erg nuttig kan zijn om het probleem op te lossen.

Stéphane Zampelli (Ecole Polytechnique de Louvain) illustreert dat met zijn lezing over het geïntegreerd plannen van de ligplaatsen van schepen en toewijzing van loskranen aan schepen voor een containerterminal. Zijn CP aanpak laat een elegante manier van modelleren zien die bovendien meer operationele beperkingen in zich heeft dan de in de literatuur beschreven traditionele MIP modellen voor het oplossen van dit type vraagstukken. Met deze introductie en toepassing is duidelijk dat CP een verrijking is voor de toolkit van iedere OR professional.

In een paar uur tijd kan de analytische professional zich op het Back to School seminar laten bijpraten op onderwerpen die de volgende dag al direct in praktijk kunnen worden gebracht. Een kleine investering in tijd die bijdraagt aan de verbreding en vernieuwing van kennis van de analytische professional. Het vergroot de kwaliteit en de impact die ons vakgebied kan hebben. De plannen voor Back to School 2015 zijn al in de maak; tot ziens volgend jaar?

NOOT

1. Zie <http://agtb.wordpress.com/2010/12/23/progress-in-algorithms-beats-moores-law/>, geraadpleegd 23-1-2014

JOHN POPPELAARS is voorzitter van het Nederlands Genootschap Besliskunde en Directeur Consulting bij ORTEC Consulting Groep.

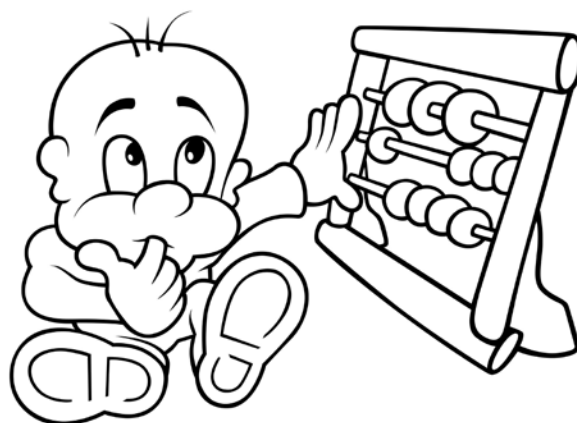
E-mail: <[john.poppelaars@ortec.com](mailto:john.poppelaars@ortec.com)>



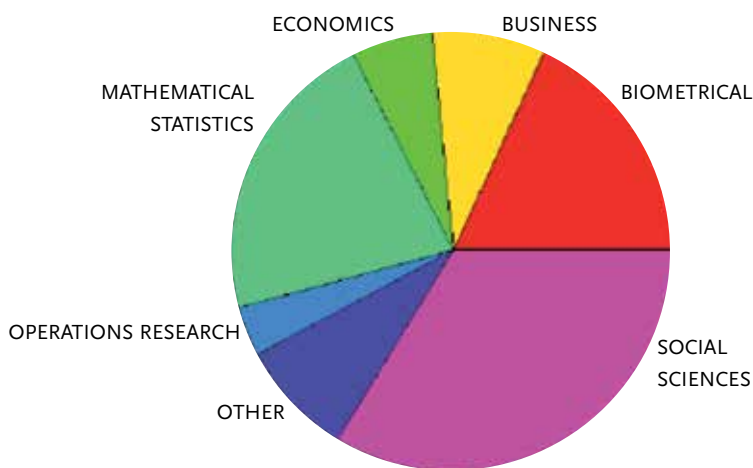
# Young Statisticians

Hi STAtOR readers!

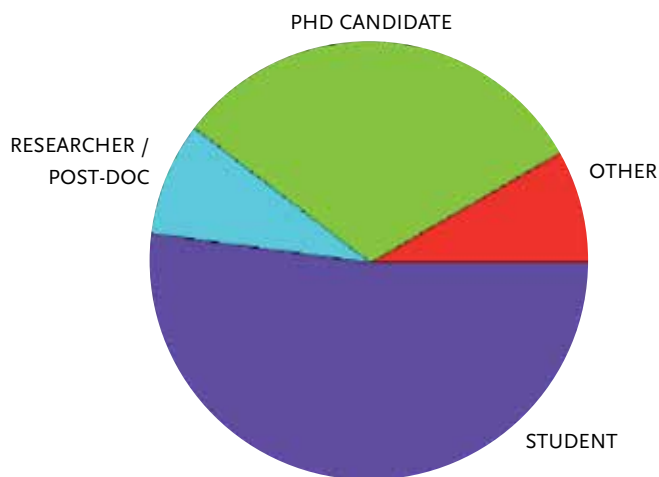
In order to know where our members study and work, and to get an idea of the fields in which statisticians end up, a database with information about the whereabouts of our members and other statisticians is made. The diversity of our Young Statisticians group:



List your main interest(s)



Occupation



These preliminary results from the member's survey were presented by Nynke Krol as part of a statement at the ANed/BMS fall meeting. More meaningful statistics will follow when our sample size increases. Please fill out the member's survey! Your very valid remarks on pie charts in general and pie charts without numbers in particular can be sent to <chair@youngstatisticians.nl>.

## WORKSHOP UNILEVER

This popular event was filled in a day with young statisticians eager to investigate some practical use of statistics in the corporate world. Some talks on statistics at Unilever, a small test case to statistically unravel the recipe of the perfect soufflé and a tour were part of the program.

Missed your chance? Committee's are already organizing this next workshop, so keep updated!

## UPCOMING EVENTS

Stay updated on future events and sign up to the mailinglist: <info@youngstatisticians.nl>. Please let us know if you are interested in becoming an active member!

## NEW YEARS DRINK

Some young statisticians, a few mostly young at heart, started the new year with a small book market and a few drinks at Café de Keyzer at Leiden.



### NEW E-MAIL ADDRESSES:

<info@youngstatisticians.nl>, <extern@youngstatisticians.nl>  
<treasurer@youngstatisticians.nl> <chair@youngstatisticians.nl>