

STAtOR

periodiek van de VVS jaargang 6 nummer 1-2 juni 2005

thema **GEZONDHEIDSZORG**

Sneller beter en de rol van besliskunde

Hoogervorsts optimaliseringsprobleem

Design for Six Sigma in de patiëntenlogistiek

Kwantitatieve effecten van deeltijdwerken door medisch specialisten

Regionale afstemming van Intensive Care capaciteit

Optimalisatievraagstukken in de gezondheidszorg

STATOR

Jaargang 6, nummer 1-2, juni 2005

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

Redactie

Dick den Hertog (hoofdredacteur), Wies Akkermans, Martijn Berger, Han Oud, Gerrit Stemerink (eindredacteur), Fred Steutel, Marnix Zoutenbier.

Kopij en reacties richten aan

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

Bestuur van de VVS

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

Leden- en abonnementenadministratie van de VVS

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

VVS-website

www.vvs-or.nl

Advertenties

Uiterlijk vier weken voor verschijnen te zenden aan Pharos, Moeflonstraat 5, 6531 JS Nijmegen, telefoon 024 - 3559214, e-mail <hooetegem@xs4all.nl>. STATOR verschijnt in maart, juni, september en december.

Ontwerp en opmaak

Pharos / M. van Hooetegem, Nijmegen

Uitgever

© Vereniging voor Statistiek en Operationele Research
ISSN 1567-3383

Inhoud

- 3** Sneller beter.
- 4** Sneller beter en de rol van besliskunde.
Patrick van Son & Hein Fleuren
- 8** Hoogervorst's optimaliseringsprobleem.
Joris van de Klundert
- 13** Design for Six Sigma in de patiëntenlogistiek.
Marnix Zoutenbier
- 17** Kwantitatieve effecten van deeltijdwerken door medisch specialisten.
Linda C. Heemskerk
- 23** Regionale afstemming van Intensive Care capaciteit.
Richard J. Boucherie, Mark van Houdenhoven, Nelly Litvak, Marleen van Rijsbergen
- 28** Optimalisatievraagstukken in de gezondheidszorg.
Bart Veltman
- 32** Onvoorwaardelijke misverstanden. Column.
Fred Steutel
- 34** VVS-scriptieprijs 2004 voor Marloes Maathuis en eervolle vermelding voor Alex Siem.
- 35** Schatten van de incubatietijd van HIV/AIDS.
Marloes Maathuis
- 40** Herinneringen aan Jan Dijkstra.
- 40** VVS-scriptieprijs 2006.
- 41** In Memoriam Prof.dr. J. Hemelrijk.
- 43** Van Dantzigprijs 2005 voor Sem Borst en Mark van der Laan.
- 45** Wim Klein Haneveld uitgeroepen tot pionier van zijn vakgebied.
- 45** Lanchesterprijs voor Alexander Schrijver.
- 46** Spinozapremie voor Alexander Schrijver.



Sneller beter

Statistiek speelt al vanouds een belangrijke rol in de geneeskunde. Wellicht minder bekend is dat ook de Operations Research (OR) tegenwoordig onmisbaar is in de geneeskunde, zowel bij het stellen van diagnoses en prognoses als bij het bepalen van optimale behandelingen. Zo maken artsen voor het vinden van optimale bestralingsplannen voor tumoren gebruik van moderne niet-lineaire optimalisatie technieken.

Vreemd genoeg worden kwantitatieve technieken en modellen uit de statistiek en OR tot nu toe slechts mondjesmaat toegepast voor het stroomlijnen van (logistieke) processen in de gezondheidszorg. Door het programma 'Sneller beter' zou dit weleens kunnen gaan veranderen. Met dit programma probeert Hans Hoogervorst, minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, expertise van andere bedrijfstakken toegankelijker te maken voor de zorg. In het kader van dit programma is door de commissie Bakker het rapport *Het kan écht: betere zorg voor minder geld* opgesteld en op 7 juni 2004 aan de minister overhandigd. In dit rapport wordt vanuit een logistiek perspectief naar de processen in de Nederlandse

gezondheidszorg gekeken en worden mogelijkheden tot forse verbeteringen beschreven. Voor statistiek en OR is hierin een belangrijke rol weggelegd. Tijdens een speciale themamiddag op de Statistische Dag op 11 april van dit jaar is de mogelijke rol van de OR in de gezondheidszorg door diverse sprekers toegelicht. Ook tijdens het WBS-congres *Efficiënte Zorg – Planning en Processen in de Gezondheidssector* op 12 mei stond de rol van kwantitatieve methoden centraal.

Naar aanleiding van deze ontwikkelingen heeft de redactie van *STATOR* besloten een speciaal dubbelnummer te wijden aan de gezondheidszorg. Het resultaat ligt voor u. Het laat zien dat statistiek en OR wezenlijke bijdragen kunnen leveren aan 'Sneller beter'!

Wij willen Prof.dr.ir. Hein Fleuren (UvT) hartelijk danken voor zijn bijdrage aan dit nummer als 'guest editor'.

De redactie

SNELLER BETER en de rol van besliskunde

In elke sector geldt hetzelfde principe: iedereen wil meer voor minder. Zo ook in de zorg. Het verbeterpotentieel in de kosten van ziekenhuiszorg is zo'n 20 procent, hetgeen in een periode van drie tot vijf jaar kan worden gerealiseerd. Ziekenhuizen moeten dan wel in hun logistieke planning de patiënt centraal stellen. Dat is de boodschap die Peter Bakker, bestuursvoorzitter van TPG, overbracht aan minister Hoogervorst en aan ziekenhuisvereniging NVZ. In opdracht van de minister onderzocht Bakker de logistieke processen in de zorg. Een TPG-team deed onderzoek naar kwaliteitsverbetering en kostenvermindering en presenteerde juni vorig jaar haar conclusies. De conclusies, met verbeterpotentiëlen van honderden miljoenen, waren heftig evenals de reacties. In november vorig jaar hielden beide auteurs een voordracht voor een delegatie van ruim 30 ziekenhuisdirecteuren over dit rapport en over de mogelijkheden van besliskunde in de zorglogistiek. Hun conclusie is dat besliskunde en statistiek een grote rol kunnen spelen bij het realiseren van de mogelijkheden genoemd in het rapport van de commissie Bakker.

PATRICK VAN SON & HEIN FLEUREN

Eind 2003 is het programma Sneller Beter van start gegaan om een verbetering van de transparantie, doelmatigheid en kwaliteit in de curatieve zorg te stimuleren. Het moet 'sneller' om de wachttijden tot aanvaardbare proporties terug te brengen. 'Beter' gaat om betere kwaliteit van zorg voor de patiënt. Het slimmer organiseren van de zorg, door bijvoorbeeld andere logistieke concep-

ten of herontwerp van processen, levert vaak al meer doelmatigheid en kwaliteit op. Wanneer dan tevens de patiënt centraal blijft staan, zullen er ook meer tevreden patiënten zijn. Naast deze slimmere organisatie van de zorg blijven natuurlijk de medische en zorginnovaties van groot belang voor het sneller beter maken van patiënten.*



In het kader van Sneller Beter worden ook experts van buiten de zorg gevraagd om mee te denken en te adviseren over verbeteringen. In 2004 en 2005 zal een vijftal thema's worden uitgewerkt door externen met ideeën en aanbevelingen voor meer innovatie, hogere doelmatigheid en een betere kwaliteit. Achtereenvolgens komen de thema's logistiek, veiligheid, rekenschap en transparantie, innovatie en zeggenschap aan bod. De rapporten over logistiek, veiligheid en rekenschap zijn inmiddels verschenen door respectievelijk TPG (commissie Bakker), Shell (commissie Willems) en Aegon (commissie Van der Werf).

De TPG-commissie heeft zich op een drietal terreinen gefocust: patiëntenlogistiek, goederenlogistiek en farma-logistiek. We zullen deze kort de revue laten passeren en daar blijkt vaak vanzelf de relatie met beslistkunde en statistiek.

Patiëntenlogistiek

De patiëntenlogistiek kan substantieel verbeterd worden door invoering van een pullsysteem in plaats van het huidige pushsysteem. Het kan volgens een eerste schatting een besparing opleveren van jaarlijks twee tot tweeënhalf miljard euro, oftewel 20% tot 25%, binnen drie tot vijf jaar te realiseren.

In het huidige pushsysteem waar een patiënt als het ware het proces wordt ingeduwd is hij of zij afhankelijk van de 'toevallige' beschikbare capaciteiten voor bijvoorbeeld onderzoeken, bezoek aan specialisten en (ziekenhuis)bedden. De patiënt stapt het zorgproces in, maar het is onduidelijk waar en wanneer hij er weer uit zal komen. Ook voor vergelijkbare diagnoses kan de behandeltijd sterk variëren. Kortom: de patiënt is een reiziger zonder spoorboekje.

Bij een pullsysteem staat de patiënt centraal. Daarbij kunnen zoveel mogelijk behandelingen die noodzakelijk zijn op één dag gepland worden, men hoeft niet onnodig lang in het ziekenhuis te liggen en de patiënt weet veel beter waar hij/zij aan toe is. Onderzoek heeft uitgewezen dat meer duidelijkheid over het verloop van de behandeling resulteert in een beter herstel van de patiënt.

De invoering van een pullsysteem vereist een heel andere benadering van de werkprocessen. Allereerst moeten de processen duidelijk worden beschreven, waarbij alle deelnemers aan het proces worden betrokken. Het is heel belangrijk voor veel van de werkprocessen de noodzakelijke én de reële doorlooptijd vast te gaan stellen. Daarnaast moeten serviceniveaus gedefinieerd worden en moet een voorspelling worden gemaakt van het verwachte volume: de verwachte vraag. Patiënten moeten ingedeeld worden naar de voorspelbaarheid van de behandeling, zeg maar in 'standaard' (sterk voorspelbaar behandelverloop) en 'maatwerk' (minder goed voorspelbaar behandelverloop). Als de doorlooptijden en de *workload* bekend zijn kan een goede planning worden ontwikkeld, waarbij de benodigde behandelcapaciteit wordt vastgesteld op basis van de verwachte vraag. Om te komen tot voortdurende verbeteringen en een goede monitoring worden er hoge eisen gesteld aan meting, registratie en informatievoorziening. Door het terugmelden van de meetresultaten aan de deelnemers in het proces, kan variabiliteit worden aangetoond, onderzocht en waar nodig worden gereduceerd, waardoor de voorspelbaarheid van processen kan toenemen. Daarnaast moet er nog aan een aantal organisatorische vereisten voldaan worden zoals een duidelijke leiding in de keten, minder discussie maar meer informatie en het inbouwen van positieve prikkels.

Het moge duidelijk zijn dat statistiek en besluitkunde een grote rol kunnen spelen bij dit herontwerp van de patiëntenlogistiek. Niet alleen bij planning en afstemming van capaciteiten maar

ook in de meting, registratie en variatiebepaling. Bovendien moeten er concrete afspraken worden gemaakt over de verdeling van de synergievoorwaarden. Hier ligt een prachtkans voor de speltheorie.

Een mooi voorbeeld is het Erasmus MC in Rotterdam. In de afgelopen tien jaar zijn daar de gegevens van 125.000 operatieve ingrepen bijgehouden. Twee jaar geleden realiseerde het Erasmus MC een bezettingsgraad van 83%. Inmiddels is dat opgehoogd tot 86% door systematischer te plannen op basis van historische gegevens. De kansen die hier benut worden zijn:

- een discussie op basis van feiten en gegevens;
- analyses van trends in de tijd en tijden per behandeling;
- variantie tussen personen en behandelteams;
- verbeteringen analyseren ten gevolge van speciale acties die gehouden zijn;
- simuleren van het ziekenhuis.

Goederenlogistiek

In de zorg worden vele soorten goederen gebruikt. Hierbij kunnen we denken aan medisch/technische apparatuur, hulpmiddelen, disposables, linengoed, meubilair, kantoorartikelen en voedsel. De commissie Bakker stelde vast dat de goederenlogistiek voor ziekenhuizen eenvoudig en op korte termijn kon worden verbeterd door meer bundeling van het inkoopvolume (schaalvergroting resulterend in inkoopvoordelen), professionalisering van het inkoopproces door duidelijke verdeling van verantwoordelijkheden (functioneel specificeren en commercieel inkopen) en logistieke optimalisatie door de eigen voorraden in een centraal magazijn onder te brengen. De verwachte kostenbesparing bedraagt zo'n 150 miljoen euro per jaar. In de discussies die op het rapport volgden bleek dit door de professionals in de zorg als een zeer conservatieve schatting te worden beoordeeld.

Een van de in het oog springende punten is

dat de veiligheidsvoorraden veel te groot zijn vanwege het 'ieder-voor-zich' principe. Elke afdeling wil graag eigen voorraden om een hoge servicegraad naar de patiënt te kunnen garanderen. Daarbij is de houdbaarheid van sommige producten een noemenswaardige factor. Sommige gesteriliseerde producten worden na verloop van tijd onbruikbaar. In combinatie met bundeling van inkoopstromen voor diverse instellingen kan gedacht worden aan een centraal magazijn op een goedkopere locatie, met lagere veiligheidsvoorraden (grotere populatie gebruikers geeft meer voorspelbaarheid), die dan via just-in-time levering de instellingen aanlevert. Dit zijn typisch besliskundige locatie/allocatie vraagstukken.

Farmalogistiek

Als apart maar zeer belangrijk onderdeel heeft de commissie Bakker de farmalogistiek bekeken. De kosten voor geneesmiddelenvoorziening bedragen ongeveer 4 miljard euro per jaar. Hierop is ruim 700 miljoen euro jaarlijks te besparen door een betere logistieke inrichting terwijl gelijktijdig de service aan de patiënt ook verbeterd zou kunnen worden.

De farmaceutische markt is in logistiek opzicht eigenlijk zeer overzichtelijk. Van producent naar patiënt gaan geneesmiddelen eerst naar een groothandel en dan naar de apotheek. Het aantal partijen in deze markt is klein: er zijn 3 grote groothandels die driekwart van de markt van zo'n 1600 apotheken bedienen. Er zijn zo'n 50 producenten van 16.000 producten (dit zijn varianten van eigenlijk maar 1400 werkzame stoffen).

Deze keten is in de huidige opzet eigenlijk heel inefficiënt. Groothandel en apotheek voegen *logistiek gezien* nauwelijks waarde toe. Op elke plaats vind weer inkoop, opslag, orderverwerking en transport plaats. De feitelijke distributie kan plaatsvinden via een generiek proces. Door schaalvergroting kunnen de kosten fors omlaag.

Daarnaast is gebleken dat zo'n 70% van de recepten een herhalingsrecept is, hetgeen in principe voorspelbaar is in tijd, plaats en hoeveelheid. Dit percentage herhalingsrecepten zal naar verwachting stijgen door de toenemende vergrijzing. De vraag wordt hierdoor veel voorspelbaarder. Men zou dus ook kunnen denken aan een model met directe distributie aan consumenten voor middelen die chronisch gebruikt worden. Via goede IT-systemen kan de huisarts dit geheel als regisseur regelen.

Ook hier is een goede statistische en besliskundige analyse nodig om de juiste veiligheidsvoorraden te kunnen bepalen en welke producten direct geleverd zouden kunnen worden en welke via de apotheek verstrekt kunnen worden.

Tot slot

De adviezen van de commissie Bakker zijn breder dan in deze context belicht. Met name geldt dit op het gebied van verantwoordelijkheden, organisatie, etc. In dit artikel hebben we vooral gefocust op de mogelijkheden voor statistiek en besliskunde. Het is duidelijk dat er nog heel veel onderzocht en geanalyseerd moet worden. Vanuit het verleden was het vaak moeilijk om in de zorgsector binnen te komen als je niet een medische achtergrond had. Wij denken dat het werk van de commissie Bakker een zeer goede deurenopener voor ons vakgebied is. Wij hopen dat u hier in de komende jaren van weet te profiteren!

** Zie <www.snellerbeter.nl> voor meer informatie.*

PATRICK VAN SON is manager bij TNT Logistics-Benelux en was de dagelijks leider van het onderzoek van de commissie Bakker. Hij heeft geneeskunde gestudeerd en vervolgens een MBA afgerond.

E-mail : <patrick.van.son@tnt-lb.com>.

HEIN FLEUREN is hoogleraar toepassingen van besliskunde aan de Universiteit van Tilburg en voorzitter van het Nederlands Genootschap voor Besliskunde (NGB).

E-mail: <Fleuren@uvt.nl>.

Hoogervorst's optimaliseringsprobleem

Minister Hoogervorst heeft een optimaliseringsprobleem: hij wil meer zorg voor minder geld*. De algemene verwachting daarbij is dat aan zijn wens niet voldaan zal worden. Vanwege toenemende technologische mogelijkheden, introductie van nieuwe medicijnen, en een steeds veeleisender consument, de kosten van de gezondheidszorg zullen blijven toenemen (zie Brandeau et al 2004). Toch heeft Hoogervorst wel een punt. Het is mogelijk in de sector verbeteringen door te voeren die er toe leiden dat er per euro meer zorg wordt geleverd. In dit artikel laten we aan de hand van een concreet voorbeeld zien dat deze door hem, en vele anderen, gewenste verbetering van effectiviteit kan worden bereikt met behulp van besliskunde. Het voorbeeld betreft het optimaliseren van de stroom van steriele materialen in ziekenhuizen.

JORIS VAN DE KLUNDERT

Ziekenhuizen vormen een unieke bedrijfstak, met een unieke interne organisatie. Het ziekenhuis zelf omvat gebouw, materialen en verplegend personeel. De specialisten leveren vervolgens de belangrijkste componenten van de zorg waar de klant voor komt. De specialisten hebben zich daartoe georganiseerd in eigen bedrijven, maatschappen, en zijn dus niet in dienst van het ziekenhuis. Toch functioneren deze maatschappen gedeeltelijk als de functionele afdelingen van het ziekenhuis; cardiologie, KNO, radiologie, et cetera. Het gevolg is dat de directie van ziekenhuizen slechts in beperkte mate leiding kan geven aan de afdelingen. Dit leidt ertoe dat de natuurlijke zwakte van functionele organisaties, suboptimalisatie, in ziekenhuizen extreme proporties kan aannemen. Als patiënt ervaren we dit onder

andere door de wachtlijsten waar we op staan als we van de ene naar de andere dokter of afdeling gaan. Pogingen van veranderingsgezinde ziekenhuisdirecties om dit te verhelpen zijn in het verleden vaak gestrand.

Deze sterke functionele oriëntatie van ziekenhuizen komt mede tot uitdrukking in de lay out, de plattegrond van ziekenhuizen. Zo heeft iedere afdeling zijn eigen territorium voor poliklinieken, en is er een complex van operatiekamers (OK). Wellicht minder bekend, maar conform deze functionele lay out (ook wel *process lay out*), ligt de centrale sterilisatie afdeling (CSA), die doorgaans onder de OK ressorteert, vlak bij de OK. Dit biedt het logistieke voordeel dat wanneer er een instrument ontbreekt bij een operatie, het van vlakbij kan worden aangevuld.

De veranderingsgezinden hebben van minister Hoogervorst een steuntje in de rug gekregen om de stap van een functionele naar een klantgerichte organisatie te maken. Dit vraagt een inrichting en aansturing van het ziekenhuis vanuit een customer focus, en op basis van een integraal klantgericht proces. Daarbij past om niet direct cliëntgerelateerde processen te outsourcen. Zo wordt de keuken vervangen door een cateraar, en wordt door verscheidene ziekenhuizen gekeken naar het outsourcen van de Centrale Sterilisatie Afdeling (CSA). Over dat laatste onderwerp gaat het vervolg van dit artikel. Een aantal ziekenhuizen in Nederland heeft inmiddels stappen in deze richting gezet, en een groot aantal andere ziekenhuizen is zich hierop aan het beraden. Het onderstaande is gebaseerd op werkelijke projecten en ervaringen van ziekenhuizen op dit gebied.

Outsourcen van de sterilisatie afdeling

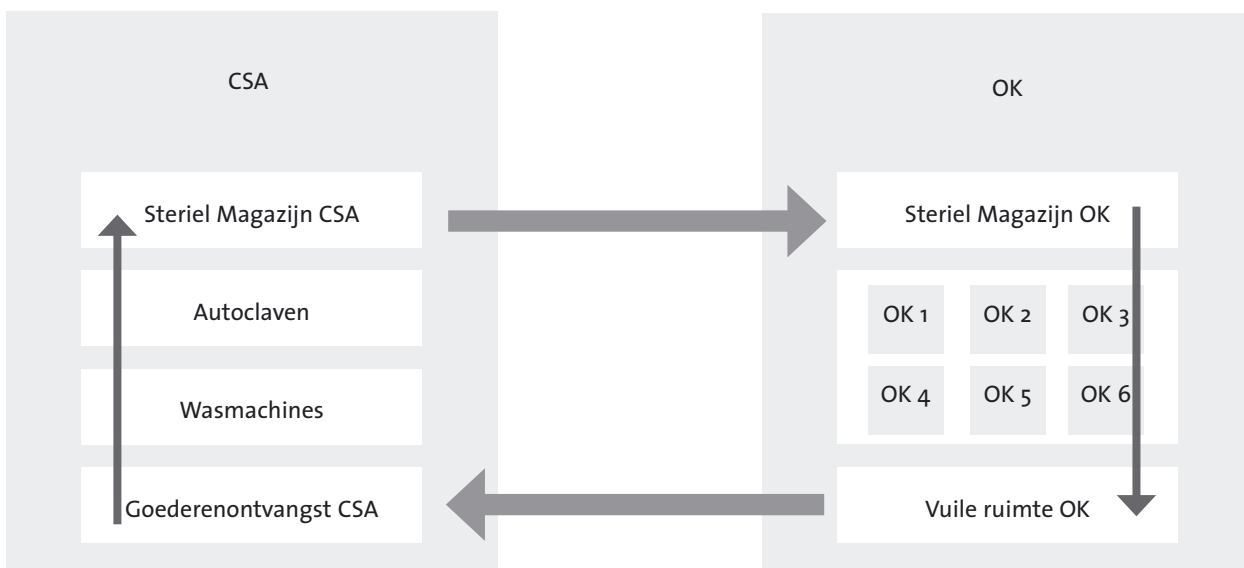
Het outsourcen van de CSA is een beslissing waaraan goed te rekenen valt, en die een scala aan optimaliseringsvraagstukken met zich mee brengt. Kort gezegd is het probleem de kosten van de stroom

van steriele materialen te minimaliseren, onder de voorwaarde dat de beschikbaarheid gegarandeerd blijft. Schematisch kan de stroom van steriele instrumenten worden weergegeven als in figuur 1. Deze stroom genereert de volgende kosten:

1. kosten van ruimte voor CSA, inclusief ruimte begin- en eindvoorraad;
2. kosten van voorraadruimte voor begin- en eindvoorraad van de OK;
3. kosten van personeel bij de CSA;
4. kosten van personeel op de OK;
5. kosten van transport en handling van steriel materiaal;
6. kosten van steriel materiaal zelf, de waarde van materiaal in de kringloop bedraagt voor een gemiddeld ziekenhuis miljoenen;
7. kosten van het reinigen en steriliseren van steriel materiaal.

In het algemeen zal outsourcing, en dus op afstand plaatsen, van het CSA-proces de volgende consequenties (kunnen) hebben:

1. de CSA kan op een andere, goedkopere, locatie worden gebouwd;
2. reductie in kosten van ruimte in het ziekenhuis;



Figuur 1: De stroom van steriele instrumenten

3. reductie van personeelskosten in het ziekenhuis, ook al omdat relatief duur OK-personeel vervangen kan worden door goedkoper logistiek CSA-personeel;
4. meer transport- en *handling*kosten;
5. hogere variabele kosten, doordat de externe partij haar vaste kosten in de prijs per stuk zal verwerken, waar tegenover staat dat het ziekenhuis niet zelf hoeft te investeren in een CSA;
6. de externe partij kan door specialisatie en schaalvoordelen ook een kostenreductie bewerkstelligen;
7. verandering in de hoeveelheid benodigd materiaal, waarbij het voor de hand ligt dat er meer materiaal nodig is.

De klantgerichte vraag die vervolgens rijst is of het proces zo ingericht kan worden dat de kosten per patiënt dalen, zonder dat de kwaliteit van het proces vermindert. In het vervolg van dit artikel stellen we cumulatieve verbeteringen voor. We beginnen daarbij met een logistieke grondvorm zoals die nu veelal gebruikt wordt en laten zien hoe met toepassing van steeds meer besliskunde telkens verdere verbeteringen mogelijk zijn.

Optimalisering van de stroom van steriele materialen

Referentiemodel: Interne CSA

De stroom van de steriele materialen is een gesloten kringloop, zoals blijkt uit figuur 1. We volgen de stroom vanaf Steriel Magazijn OK. Vanuit dit magazijn wordt telkens per operatie een kar samengesteld met de benodigde materialen waaronder de gesteriliseerde materialen. De steriele materialen zitten doorgaans in netten, waarbij de voor een bepaalde operatie benodigde instrumenten samen in een net zitten. Deze kar gaat naar een OK, alwaar de instrumenten worden gebruikt. Na afloop van de operatie gaan de netten met gebruikte instrumenten naar de Vuile Ruimte

OK. Vanuit de vuile ruimte vindt transport plaats naar de Goederenontvangst CSA. Daar worden de instrumenten voorzover nodig gedemonteerd en vervolgens gereinigd en gesteriliseerd, en worden de netten opnieuw samengesteld. Deze samengestelde netten gaan naar het Steriel Magazijn CSA. Vanuit dit magazijn gaan de netten naar het Steriel Magazijn OK, en zijn we rond.

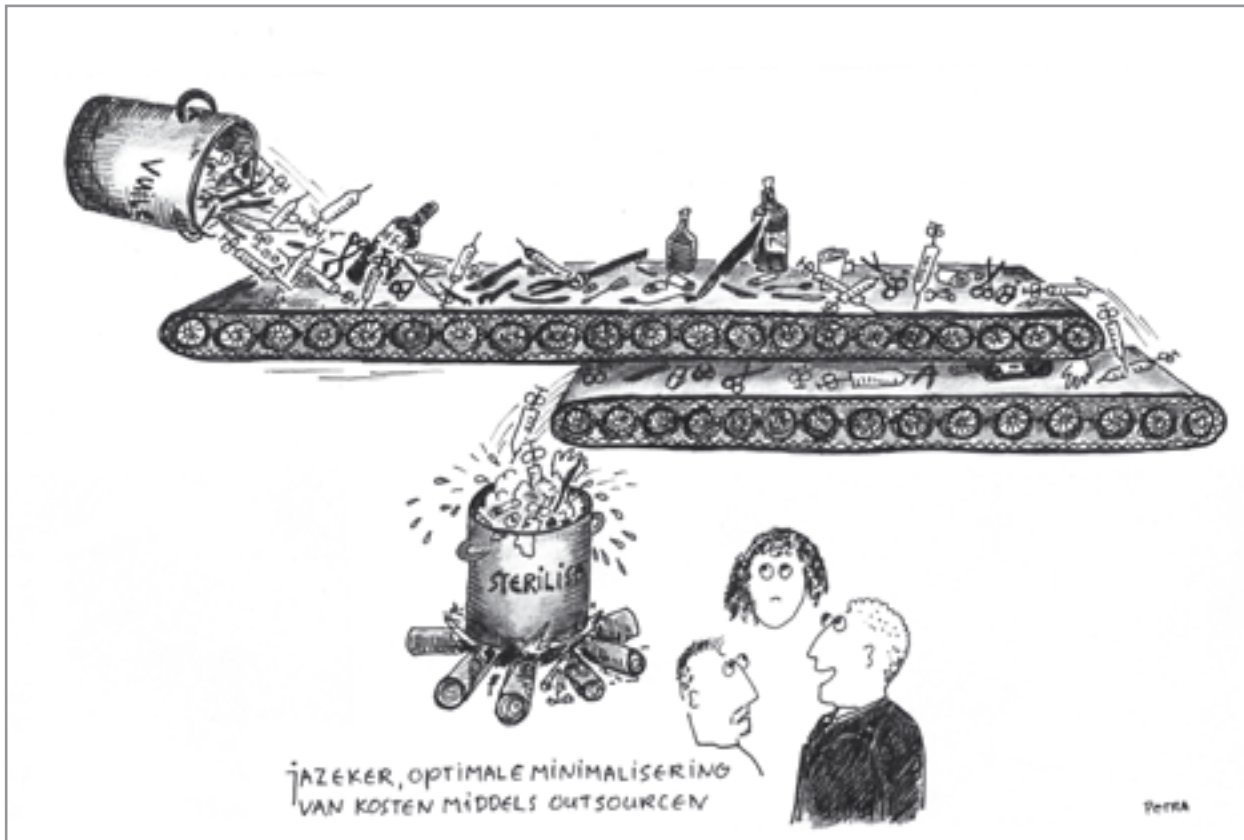
Om diverse redenen is het wenselijk dat materialen zo snel mogelijk na gebruik weer beschikbaar zijn. Zo is het niet wenselijk dat materiaal lang vuil blijft. Ook is het wenselijk dat gesteriliseerd materiaal beschikbaar is in het steriele magazijn, voor het geval het nodig is. Dit maakt het aantrekkelijk de keten volledig aan te sturen vanuit het verbruik van de OK: al het materiaal wordt na verbruik zo snel mogelijk gereinigd, gesteriliseerd, verpakt, en weer beschikbaar in het steriele magazijn van de OK. Wanneer dit principe wordt gebruikt, is de aansturing van de stroom zo veel als mogelijk ontkoppeld van de planning van de OK, en dus van de vraag van de patiënt.

Variant 1: CSA op afstand

We bespreken nu eerst een wijziging in de fysieke inrichting. Daarbij wordt de CSA geoutsourced en dus op afstand geplaatst. Wanneer verder niets aan de fysieke inrichting wordt gewijzigd, kan dit leiden tot een reductie van kosten voor ruimte en personeel, maar zal leiden tot een stijging van transport- en handlingkosten. Bovendien kan een stijging in de hoeveelheid materiaal in de kringloop worden verwacht door toename van *safety stock* en *pipeline stock*. Toepassen van voorraadtheorie ter minimalisering van de kosten kan dan doorslaggevend zijn bij de investeringsbeslissing.

Variant 2: Klantorder gestuurde keten

Een fundamentele verbetering kan worden bereikt wanneer de keten anders wordt aangestuurd. De voor de hand liggende wijziging is



om het klantorder ontkoppelpunt te verplaatsen naar de eindvoorraad van de CSA (zie ook Van de Klundert et al 2003). Wanneer de OK tijdig aan de CSA kenbaar maakt welke netten nodig zijn, kan de CSA die op klantorder/operatie aanleveren. Dit leidt tot een aanzienlijke reductie in benodigde voorraadruimte en personeel bij de OK. Het is goed te bedenken dat het niet mogelijk zal zijn de voorraad van het Steriele Magazijn OK tot nul terug te brengen. Immers, niet alle operaties zijn voorspelbaar, en zelfs voor de geplande operaties is niet altijd op voorhand bekend welke materialen nodig zijn. *Safety stock* in het Steriele Magazijn OK is dus niet te vermijden. Het terugbrengen van de voorraad in het steriele magazijn tot de strikt benodigde *safety stock* is wederom een besliskundig probleem. Daarbij kan ook afweging tegen kosten van spoedleveringen vanuit eindvoorraad CSA een rol spelen.

Uit een eerdere studie (Van de Klundert et al 2003) is gebleken dat, ten opzichte van het referentiemodel, slechts een zeer geringe investering in materiaal volstaat om een zelfde beschikbaarheidsniveau als in variant 1 te bereiken.

Variant 3: Optimalisering van de netten

De noodzakelijke hoeveelheid netten, in totaliteit en in de veiligheidsvoorraad, is sterk afhankelijk van de samenstelling van de netten. Een eenvoudige manier om netten samen te stellen is om alle benodigde materialen voor een operatie steeds in één net te verpakken. Daarbij kan nog het volgende onderscheid worden gemaakt. Enerzijds is het mogelijk om een nettype per operatietype te hanteren. Anderzijds kan één nettype worden gehanteerd voor alle operaties. In de praktijk zien we vooral tussenvormen. De keuze van nettypen is een optimaliseringsprobleem waarbij

de totale materiaal- en voorraadkosten dienen te worden geminimaliseerd onder de voorwaarde dat ieder type operatie een passend nettype heeft. Dergelijke problemen kunnen worden geformuleerd als een *set covering* probleem.

In de praktijk zien we bovendien varianten waarin de voor een operatie benodigde steriele materialen over meerdere subnetten verspreid worden. Per operatie worden dan verschillende subnetten toegeleverd. Door geschikte subnetten te kiezen, kan de totale hoeveelheid materiaal in de kringloop sterk afnemen. Bovendien geldt natuurlijk dat door de resulterende *risk pooling* (zie onder andere Simchi Levy 1999) de benodigde *safety stock* lager kan zijn. Zo kan een verdere besparing worden bereikt. Dit leidt tot een uitbreiding van het set covering probleem. Muls (2005) laat daarbij zien dat verbetering niet kan worden bereikt zonder integrale aansturing in samenhang met het OK programma.

Variant 4: Tracking & Tracing

Een laatste verbetering kan worden bereikt door de zichtbaarheid van materiaal in de keten te verhogen. Dergelijke *supply chain visibility* (zie onder andere Van de Klundert 2003) kan geleverd worden door de outsourcing partner in de vorm van *Radio Frequency ID's* (RFID). Wanneer ieder net continue zichtbaar is, zodat verbruik uit de voorraad van het steriele magazijn altijd bekend is, kunnen *safety stock levels* en spoedzendingen verder worden gereduceerd. Muls (2005) indiceert in een simulatiestudie, als onderdeel waarvan transport- en voorraadkosten gezamenlijk worden geoptimaliseerd met behulp van dynamisch programmeren, dat zo een significante kostenreductie mogelijk is. Weliswaar vergt dit een eenmalige investering in *RFID tags* die bestand zijn tegen hitte en vocht van CSA processen, maar in de gesloten kringloop van steriel materiaal is er jaren tijd om deze investering terug te verdienen.

Conclusies

Er is algemene consensus dat de inrichting en aansturing van primaire en secundaire processen in ziekenhuizen voor verbetering vatbaar zijn. Deze verbetering is vooral mogelijk wanneer de processen worden bekeken vanuit een *customer focus*, en het ziekenhuis bereid is om de organisatie te veranderen zoals nodig is om de verbetering te realiseren. Zoals blijkt uit het in dit artikel besproken voorbeeld van de stroom van steriele materialen, kan besliskunde van grote waarde zijn om de potentiële voordelen te realiseren. Deze voordelen hangen echter niet alleen af van besliskundige oplossingen, maar wellicht meer nog van de mate waarin voor vrijgekomen ruimte, personeel en middelen een goede, klantgerichte, alternatieve aanwending kan worden gevonden. Zo krijgt Hoogervorst meer zorg voor zijn geld. En wij ook.

* Zie <www.snellerbeter.nl> voor meer informatie.

LITERATUUR

Brandeau, M.L., Sainfort, F., Pierskalla, W.P., *Operations Research in Health Care*, Kluwer, 2004.

Van de Klundert, *Supply Chain Management & Technologie*, Universiteit Maastricht, 2003.

Van de Klundert, J.J., Van Merode, G.G., Van Mulken, I., Tummers, G., *Logistieke stromen tussen CSA en OK binnen ORBIS medisch en zorgconcern*, Mateum/Universiteit Maastricht, 2003.

Muls, P., *Materiaalstromen in een ziekenhuis: simulatiestudie*, Afstudeerscriptie, Faculteit der Algemene Wetenschappen, Universiteit Maastricht, 2005.

Simchi Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi E., *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Cases*, McGraw Hill, 1999.

Skinner, W., 'The Focused Factory', *Harvard Business Review*, Vol. 52, No 3, pp. 113-121. 1974.

JORIS VAN DE KLUNDERT is Universitair Hoofddocent Besliskunde aan de Universiteit Maastricht, en Directeur van Mateum. Hij houdt zich bezig met de theorie en praktijk van *value chain optimization*, zowel in de zorg als in andere industrieën.

E-mail: <J.vandeKlundert@MATH.unimaas.nl>.

Design for Six Sigma in de patiëntenlogistiek

Gestructureerd en fact-based processen herontwerpen

De commissie Bakker claimt dat kostenbesparingen en kwaliteitsverbeteringen goed realiseerbaar zijn binnen de gezondheidszorg.* Daartoe zouden de hiermee samenhangende processen moeten worden herontworpen. Uit de voorbeelden die Bakker geeft, zoals het Röhn-Klinikum AG, blijkt dat processen zeer ingrijpend moeten worden veranderd om de gewenste doelstellingen te halen. Alleen de logistieke processen verbeteren, is onvoldoende. De Design for Six Sigma (DfSS) aanpak is uitermate geschikt om de beoogde besparingen ook daadwerkelijk te realiseren.

We gaan hier in op de stappen die gezet moeten worden volgens DfSS alvorens concreet een nieuw proces zinvol gedefinieerd kan worden. De praktijk leert dat deze stappen vaak overgeslagen worden, met een teleurstellend eindresultaat als gevolg. We beperken ons tot de patiëntenlogistiek. De aanpak is echter ook geschikt voor de goederenlogistiek en de farmalogistiek.

MARNIX ZOUTENBIER

Procesverbetering en Statistiek

Al sinds de Tweede Wereldoorlog houden statistici zich bezig met procesverbetering. Een krachtige combinatie vanwege de methoden die de statistiek te bieden heeft en de karakteristieken van processen. Processen genereren in de tijd pro-

ducten waarvan eigenschappen gemeten kunnen worden. Daarnaast kan vaak ook in de processen zelf gemeten worden. Door dit repeterende karakter van de gegevensstroom is er (zo goed als) altijd sprake van variatie in de beschikbare gegevens. Statistiek is bij uitstek het vak dat zich bezighoudt

met 'omgaan met variatie'. In de eerste plaats beschrijvende statistiek om de kwaliteit en andere karakteristieken van een proces te beschrijven. Vervolgens statistische modellen om de output van het proces te kunnen verklaren en voorspellen op basis van de input en de 'knoppen' in het proces die gemanaged kunnen worden.

In de laatste tien jaar is het verbeteren van processen in een stroomversnelling geraakt doordat de Six Sigma methode door enkele voraanstaande bedrijven *company-wide* en met veel publiciteit omgeven, is geïmplementeerd. Kern van de methode is om *fact-based* verbeteringen door te voeren en expliciet de wensen van de klant als startpunt te nemen. Echter, Six Sigma haalt weliswaar het maximale uit lopende processen, de methode kan foute keuzes in de ontwerp-fase niet herstellen. Bakker maakt duidelijk dat echte verbeteringen in de gezondheidszorg moeten komen uit het opnieuw ontwerpen van processen. Hiervoor is DfSS een uitstekende methode: ook hier worden keuzes gebaseerd op feiten en data en worden de klantenwensen als startpunt genomen. Echter, doordat processen opnieuw ontworpen worden, kunnen veel grotere verbeteringen gerealiseerd worden dan met behulp van Six Sigma.

Vraag eerst wat de patiënt belangrijk vindt

Bakker geeft de grote lijnen voor een procesherontwerp: *pull* in plaats van *push*. Mogelijk wekt dit de suggestie dat hij de eerste fase overslaat: onafhankelijk van de klantenwensen en de resultaten van uitgebreide data-analyse moet 'pull' worden ingevoerd. Niets is minder waar, Bakker geeft hiermee aan dat hij een andere definitie van 'klant' voor staat dan de definitie die impliciet ten grondslag heeft gelegen aan het ontwerp van de huidige processen. Patiënten worden in de huidige structuur lokaal wel als klant gezien en als zodanig behandeld: specia-

listen, verplegend personeel, en andere betrokkenen doen hun uiterste best om de patiënt zo goed mogelijk te helpen. Echter, over de keten heen worden processen geoptimaliseerd naar ziekenhuizen en specialisten en moet je concluderen dat patiënten dus eigenlijk niet als klant worden gezien maar slechts als product. Op basis van dit uitgangspunt is een 'push' strategie dan een logische keuze: er wordt voldaan aan klantenwensen, maar deze klanten zijn ziekenhuizen en specialisten. Gevolg voor patiënten is dat zij vaker moeten terugkomen dan noodzakelijk, dat wachttijden bij iedere behandeling lang zijn, en dat onnodig veel administratie moet worden afgehandeld.

Als de patiënt als klant wordt gezien, is een pullstrategie een logisch gevolg. De DfSS aanpak concretiseert hoe tot een goede pullstrategie kan worden gekomen. De wijze waarop de pullstrategie moet worden vorm gegeven is afhankelijk van de wensen van de klant: wat vindt de patiënt nu écht belangrijk? Zolang dit niet bekend is, is niet duidelijk volgens welk criterium processen vergeleken moeten worden en heeft het dus ook geen zin om processen te herdefiniëren.

Voorbeelden van mogelijke kwaliteitscriteria zijn het aantal keren dat een patiënt naar het ziekenhuis moet komen, de tijd in de wachtkamer, de tijd die een behandeling in beslag neemt, het eindresultaat van de behandeling, de aandacht voor de persoon, de nazorg, etc etc. Mogelijk is het verstandig om onderscheid te maken tussen verschillende groepen patiënten en behandelingen: voor het verwijderen van een tumor is de wachttijd tot de eerste afspraak veel belangrijker dan de wachttijd in de wachtkamer. Voor een routinematige controle is dat waarschijnlijk precies andersom.

Juist omdat iedereen heel veel van dergelijke criteria kan verzinnen is het van belang om te onderzoeken welke criteria in welke omstandigheden nu écht belangrijk zijn. Veel



gegevens op dit gebied zullen voorhanden zijn, en daarvan kunnen we veel leren ten aanzien van de klantenwensen. Mogelijk zelfs voldoende om deze fase af te sluiten. Als dat niet het geval is, zal gericht nader onderzoek nodig zijn om de wensen van patiënten boven tafel te krijgen.

Bepaal huidige performance processen

Als duidelijk is wat de belangrijkste klantenwensen zijn, dan is de volgende stap om in kaart te brengen wat de huidige performance is op deze kenmerken. Dat betekent dat bijvoorbeeld

wachttijden, doorlooptijden, en andere belangrijk gebleken kwaliteitskenmerken gemeten, geregistreerd, en geanalyseerd moeten worden. De huidige manier van werken maakt het aannemelijk dat dergelijke gegevens wel aanwezig zijn, maar dat het erg lastig zal zijn om ze op de gewenste manier te koppelen. Immers, de informatiestructuur is erop gericht om binnen het huidige procesontwerp te kunnen sturen. Echter, met het nieuwe perspectief van de patiënt als klant van de hele keten, zullen de gegevens op een andere manier verzameld en gebruikt moeten worden: op patiëntniveau en niet op afdelings- of behandelingsniveau.

Om een idee te krijgen hoe processen herontworpen moeten worden, kan het uitermate nuttig zijn om ook gegevens op afdelingsniveau te hebben. Echter, voor het bepalen van het huidige kwaliteitsniveau is informatie op patiëntniveau noodzakelijk. In dit kader is het ook van belang om stil te staan bij de gewenste reikwijdte van de door te voeren verbeteringen. Idealiter worden gegevens door alle zorginstellingen op dezelfde manier geregistreerd en gerapporteerd. De grootste besparingen zijn te realiseren door over de hele zorgketen heen processen anders in te richten en beter op elkaar af te stemmen. Dit vergt echter veel afstemming en overleg, mogelijk is het in de praktijk handiger om eerst een kleinere scope te kiezen en zo sneller resultaat te boeken.

Beoordeel projecten op hun verbeterpotentie

De verzamelde kwaliteitsgegevens kunnen ook gebruikt worden om projecten te selecteren. Modellen worden dan ontwikkeld om de enorme hoeveelheid aanwezige kwaliteits- en kostengegevens te structureren. Dit geeft inzicht in de verbeterpotentie van verschillende projecten en de gevolgen voor andere processen. Bij Philips DAP in Drachten zijn hier uitstekende resultaten mee behaald. In de eerste plaats doordat alleen gewerkt wordt aan projecten die tot grote verbeteringen leiden, in de tweede plaats doordat het objectiveren van de verbeterpotentie leidt tot veel minder discussie met betrokkenen bij zowel de start als het einde van een project. De verbeterpotentie van verschillende projecten kan worden afgewogen tegen de daarmee gepaard gaande kosten. Aan de hand hiervan kunnen prioriteiten gesteld worden en worden de grootste vissen als eerste aan de haak geslagen in termen van kwaliteit en kosten. Ook kunnen uitdagende maar tevens realistische doelstellingen voor de gekozen

projecten worden bepaald, en zijn achteraf de resultaten van de geselecteerde projecten meetbaar. Randvoorwaarde hierbij is dat de modellen die in dit selectietraject gebruikt worden, ook geaccepteerd worden door betrokkenen. Hier zal tijd en energie in gestoken moeten worden tijdens het modelleertraject.

Tot slot

Bakker stelt dat door het introduceren van een pullstrategie enorme kosten kunnen worden bespaard in de gezondheidszorg, terwijl de kwaliteit tegelijkertijd beter zal worden. De Design for Six Sigma aanpak geeft aan hoe dat zou kunnen, en, in relatie tot Bakker, welke stappen gezet moeten worden voordat concreet de processen vruchtbaar herontworpen kunnen worden. Eerst moeten de wensen van patiënten in kaart gebracht worden en daarna moet gemeten worden hoe goed of hoe slecht de processen nu presteren op die kenmerken. Het ligt echter voor de hand dat betere kwaliteit in dit geval gepaard zal gaan met lagere kosten. In de meeste projecten die wij doen, moeten vaak tegengestelde belangen afgewogen worden en leidt verbetering op één criterium tot verslechtering op een ander. In de gezondheidszorg ligt dus een unieke kans: kwaliteitsverbetering én kostenvermindering!

Het zal een enorme uitdaging zijn om de door Bakker gestelde doelen te halen. Als we echter de eerste stappen over zouden slaan, ligt hooguit teleurstelling in het verschiet.

** Zie <www.snellerbeter.nl> voor meer informatie.*

MARNIX ZOUTENBIER werkt als senior consultant bij CQM BV en heeft ervaring met procesverbetering in productieomgevingen en bij product- en procesontwikkeling. E-mail: <zoutenbier@cqm.nl>.

Kwantitatieve effecten van deeltijdwerken door medisch specialisten

ORM in de ziekenhuispraktijk

Deeltijdwerken kan zeer gunstige invloed hebben op de wacht- en doorlooptijden van patiënten, omdat hierdoor de totale capaciteit nauwkeurig kan worden afgestemd op de zorgvraag. Bovendien kan de beschikbare capaciteit met deeltijdwerkers flexibel worden ingezet voor het opvangen van variaties in de zorgvraag. Linda Heemskerk deed in het kader van haar studie Operations Research en Management (ORM) onderzoek om de effecten van deeltijdwerken in het snijdende specialisme kwantitatief inzichtelijk te maken. Inzichten uit de wachttijdtheorie ten aanzien van capaciteit en variabiliteit in zorgvraag en zorgaanbod zijn gekoppeld aan de praktijk en getoetst in een reële simulatie van het zorgproces voor electieve orthopedie patiënten.

LINDA C. HEEMSKERK

In strijd met de maatschappelijke trend naar werktijdreductie en individuele invulling van de werktijd, is het voor veel medisch specialisten nog niet mogelijk om in deeltijd te werken, vooral in de snijdende specialismen. In de maatschappelijke discussie om deeltijdwerken ook hier te introduceren, stuit men vaak op praktische belemmeringen en kwalitatieve argumenten, die parttime werken onmogelijk lijken te maken. Doel van mijn afstudeeronderzoek was om inzicht in de kwantitatieve aspecten van deeltijdwerken op de patiëntenlogistiek boven tafel te krijgen: 'Welke kwantitatieve effecten kan het invoeren van deeltijdwerken in de snijdende specialismen hebben voor de patiëntenlogistiek, wanneer de

kwaliteitsvoorwaarden van de zorg gegarandeerd kunnen worden?'

Om deze vraag te beantwoorden zijn relatief eenvoudige inzichten uit de wachttijdtheorie gekoppeld aan de complexiteit van het zorgen voor mensen, waarbij de benodigde zorg en de organisatie hiervan in grote mate afhangt van menselijke aspecten. De inzichten gaven een leidraad voor verbetering van zorgprocessen in logistiek opzicht met behulp van deeltijdwerkers en deze zijn getoetst met behulp van een simulatiemodel.

In dit artikel zal het onderzoek worden geschetst en de belangrijkste resultaten worden weergegeven. Verder wordt een indruk gegeven

van de uitdagingen tijdens het onderzoek om de logistieke, theoretische adviezen vanuit de ORM hun nut te laten bewijzen in de gezondheidszorg, die juist zeer praktisch is ingesteld en van minuut tot minuut gericht is op de individuele zorgbehoefte van de patiënt. Het praktische gedeelte van het onderzoek heeft plaats gehad in nauwe samenwerking met het Academisch Ziekenhuis Groningen (AZG).

Doelstelling

Het doel van het onderzoeksproject was het kwantificeren van effecten van deeltijdwerken door medisch specialisten. Verder werd verzocht de mogelijkheden van simulatie aan te tonen in een reële ziekenhuisomgeving. In dit kader zijn voor de praktijkstudie in het AZG meer concrete doelstellingen gedefinieerd, die met het simulatiemodel beantwoord zijn. De doelstellingen voor de praktijkstudie zijn geformuleerd als:

1. het verschaffen van inzicht in de afhankelijkheid van capaciteiten en organisatorische aspecten met betrekking tot een operatief zorgproces binnen het AZG, op basis van simulatie;
2. het bepalen van de mogelijkheden van deeltijdwerken door medisch specialisten hierin;
3. het uitvoeren en tonen van de mogelijkheden van simulatie.

OR in de gezondheidszorg

De gezondheidszorg in Nederland is op dit moment onderwerp van tal van initiatieven en onderzoeken te bevordering van doelmatigheid en de efficiency van de zorg. Naast lokale initiatieven, zijn voorbeelden hiervan de doorbraakprojecten van het CBO en het Sneller Beter programma van het ministerie van VWS. Hoewel kwaliteit van de zorg hierin uiteraard voorop staat, is er een grote behoefte aan kwantitatieve handvatten op zeer verschillende niveaus in de gezondheidszorg.

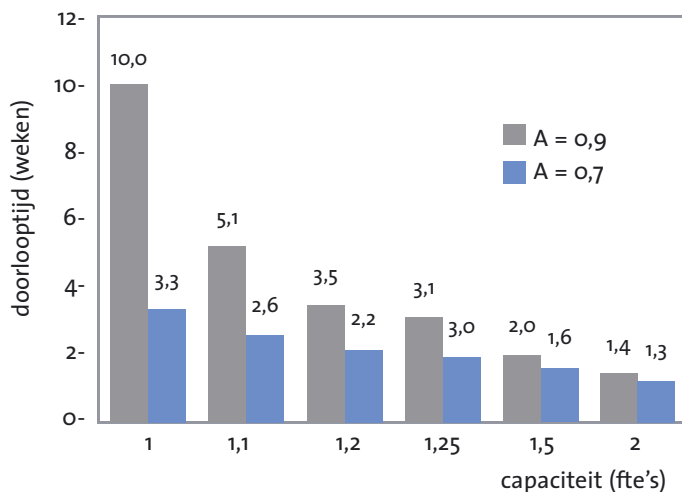
Het meest in het oog springende signaal hiervan is op dit moment de commotie over het rapport 'Het kan echt: betere zorg voor minder geld'. Dit rapport werd opgesteld onder leiding van Peter Bakker als gezant van minister Hoogervorst in het Sneller Beter programma. De meningen over de conclusies uit dit rapport lopen sterk uiteen. Toch kan vóór alles hier een belangrijke conclusie worden getrokken voor het vakgebied van Operations Research: de maatschappelijke discussie en de huidige hervorming van de gezondheidszorg kan niet zonder 'harde cijfers'.

Hoewel mijn scriptieonderzoek zich richtte op het deeltijdwerken, was overduidelijk dat ook voor het AZG efficiency in de verschillende scenario's een belangrijke rol speelde. Het onderzoek heeft met basale inzichten uit de wachttijdtheorie, het beschrijven van keteneffecten en het kwantificeren hiervan, bijgedragen aan een objectivering van de discussies. In de laatste paragraaf zal nader worden ingegaan op deze praktische aspecten van het onderzoek.

Wachttijdtheorie

Om de effecten van deeltijdwerken objectief zichtbaar te maken, is gebruik gemaakt van twee belangrijke prestatie-maten voor de patiënt. Allereerst is gekeken hoe lang men moet wachten vanaf het eerste contact met de specialist voor het stellen van de diagnose tot de opname. Ook is gekeken naar de duur vanaf de opname tot het moment dat het ziekenhuis gezond werd verlaten. Deze worden respectievelijk de wachttijd en de doorlooptijd genoemd. Vanuit de wachttijdtheorie zijn twee belangrijke factoren bekend die hierop hun invloed hebben, namelijk capaciteit en variabiliteit.

Een hoge bezettingsgraad kan bij fluctuaties in de vraag naar zorg een onevenredig groot effect hebben op de doorlooptijden. Uitbreiding van capaciteit kan in dit geval dan ook leiden tot ver-



Tabel 1: Doorlooptijden

rassende resultaten. In figuur 1 is een berekening gemaakt voor een voorbeeld waarbij voor een specifieke behandeling de capaciteit van één specialist voldoende wordt geacht voor één ingreep per week. In tabel 1 is voor verschillende capaciteiten aangegeven wat de gemiddelde doorlooptijd voor de patiënt is. Dit is gedaan voor zowel 9 aankomsten ($A = 0,9$) per 10 weken als voor 7 aankomsten ($A = 0,7$).

Bij het eerste voorbeeld blijkt de doorlooptijd bij inzet van één specialist tien weken te bedragen. Om deze doorlooptijd te halveren is echter niet de volledige inzet van een tweede specialist nodig. Verschillende hoeveelheden van inzet van fte's volstaan, zoals 50% (halftijd), 20% (1 dag), maar zelfs 10% (1 dagdeel) is al nagenoeg toereikend. Bij een dergelijke uitbreiding van de capaciteit kunnen deeltijdaanstellingen hun natuurlijke weg vinden binnen het bestaande team. Het ziekenhuis kan daarbij aan de hand van het 'meerwaarde effect' (dat wordt bepaald door de drukte van het systeem) met deeltijdaanstellingen een natuurlijke keuze maken voor de hoeveelheid in te zetten capaciteit.

Niet alleen de capaciteit is van invloed op de wacht- en doorlooptijden van de patiënt, maar ook de variabiliteit in de zorgvraag speelt hierin een belangrijke rol. Wanneer er sprake is van grote fluctuaties in de vraag naar zorg (bijvoor-

beeld ten gevolge van screening) of het aanbod van zorg (bijvoorbeeld door vakanties) treedt er een onevenredig groot effect op voor de patiënten. In het vorige voorbeeld betrof de invloed van deeltijdwerken met name de omvang van de capaciteit. Maar ook zonder extra capaciteit kan in het geval van grote variatie het werken in deeltijd een rol van belang spelen.

Door het inzetten van de juiste mix van vaste en variabele arbeidskrachten uit een vast aantal fte's kan worden ingesprongen op de fluctuaties. De inzet van specialisten kan bijvoorbeeld worden geflexibiliseerd, waarbij de patiënten niet langer door hun 'eigen' arts worden geholpen, maar worden gezien door een willekeurige bekwame arts. Wanneer een specialist verhinderd is op een bepaalde dag, kan een ander lid van het team zijn taken waarnemen. Een ander voorbeeld betreft het omgaan met fluctuaties in de zorgvraag op week- of dagniveau met behulp van min-max contracten of losse-urencontracten. Het komt nog steeds voor in de ziekenhuispraktijk dat operaties in de loop van de dag moeten worden afgezegd, omdat het OK-programma uitloopt, of het programma is onderbroken voor een spoedpatiënt. OK-programma's zouden ook 's morgens door een parttime arts kunnen worden uitgevoerd en 's middags worden overgenomen door een specialist in vaste dienst. Wanneer de overige faciliteiten hierop ingericht zijn, is het voor deze arts niet bezwaarlijk om buiten de gebruikelijke OK-tijden door te opereren. Dit voorkomt verplaatsingen van operaties en dit heeft een bijzonder gunstig effect op de wachttijden van de patiënten.

Op basis van deze basale wachttijdtheoretische inzichten mag dus worden verondersteld dat de wachttijden van de patiënt met deeltijdwerkers gunstig kunnen worden beïnvloed:

- enerzijds door de hoeveelheid fte's goed aan te laten sluiten bij de drukte van het proces en
- anderzijds door flexibel om te gaan met het totaal aantal beschikbare fte's.

Simulatiemodel

Om deze inzichten aan de praktijk te toetsen, is binnen het ziekenhuis gezocht naar een specialisme dat hiervoor het meest geschikt is. Hierbij werd de voorkeur gegeven aan een zorgproces dat generaliseerbaar is naar andere specialismen en waarvoor planning erg belangrijk is. De keuze is gevallen op de zorglijn orthopedie omdat in de patiëntenpopulatie van orthopedie veel electieve (planbare) patiënten voorkomen en omdat het zorgproces van orthopedie alle typen werkzaamheden kent die een specialist in zijn takenpakket kan hebben.

Om effecten van deeltijdwerken te berekenen, zijn analytische methoden niet toereikend, vanwege de grote mate van afhankelijkheden en toevalligheden en de grote rol die planning heeft in de gezondheidszorg. Daarom zijn de effecten inzichtelijk gemaakt met een simulatiemodel, dat zeer realistisch het proces voor de electieve patiënten nabootst. In het model zijn alle processen van de afdeling opgenomen vanaf doorverwijzing naar de specialist tot ontslag uit het ziekenhuis. Het betreft hier uitsluitend electieve patiënten. Wanneer een patiënt voor zijn behandeling behalve met orthopedie ook met andere

afdelingen te maken had, werd dit abstract gemodelleerd.

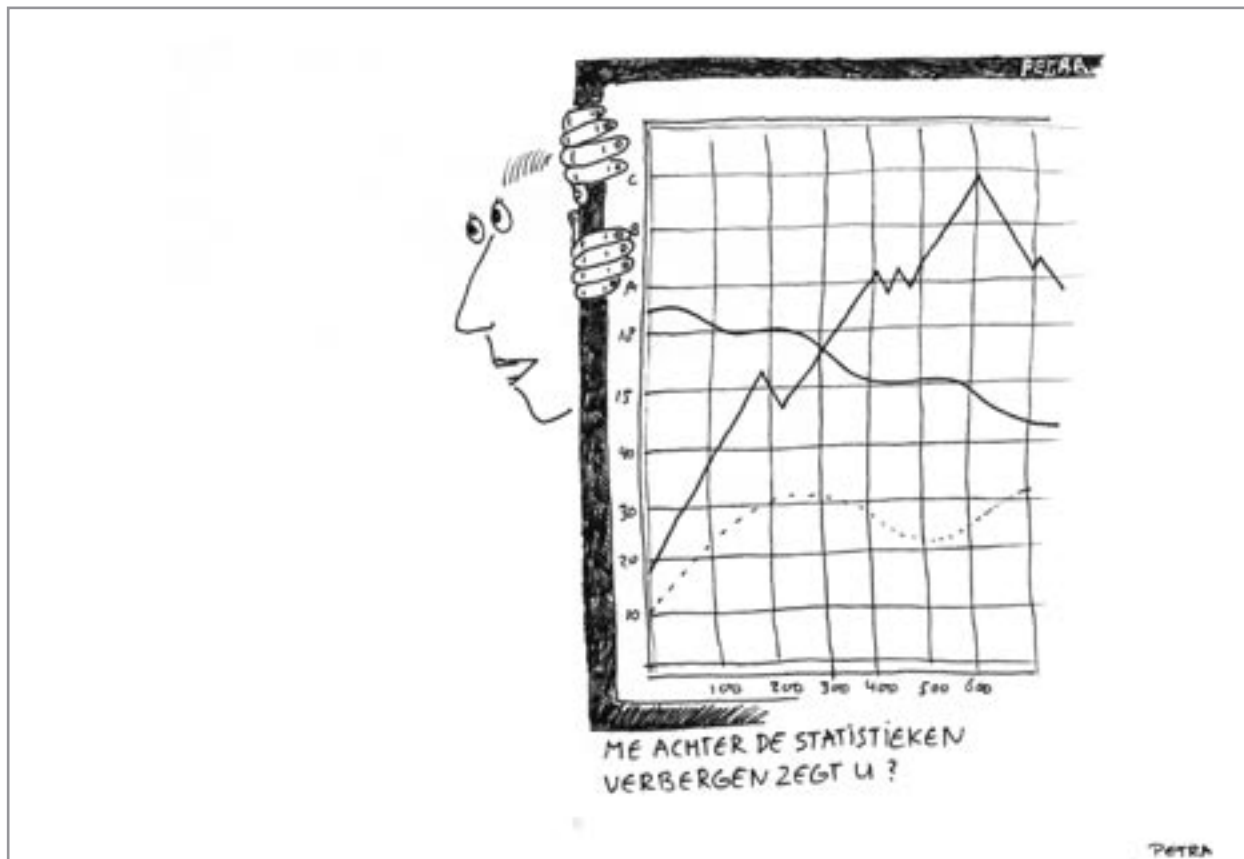
Uiteindelijke resultaten zijn gemiddelden van vijf nagebootste jaren, met de daarbij horende statistische betrouwbaarheden. Het model is geverifieerd met behulp van de formule van Little en gevalideerd met reële meetdata voor het jaar 2002 en expertvalidatie.

Scenario's

Met het simulatiemodel is een tiental scenario's getoetst op het gebied van planning, werkinrichting en capaciteiten, waarbij gebruik is gemaakt van specialisten in deeltijd dienstverband. De scenario's zijn ontwikkeld op basis van de inzichten uit de wachttijdtheorie, in nauwe samenwerking met een projectgroep met betrokkenen afkomstig uit de dagelijkse ziekenhuispraktijk, de logistieke organisatie en het bestuur. De resultaten zijn vergeleken met de huidige situatie in het AZG (het referentiemodel). Hieronder worden drie van de tien scenario's belicht. De eerste twee demonstreren de invloed van variabiliteit in planning, de derde van capaciteit. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.

	Referentiemodel	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Aantal ingrepen	1033	1033	1032	1024
Werkweek OK (uren)	38,8	39,3	39,3	38,5
Aantal op de wachtlijst	126	84	106	93
Doorlooptijd (dagen)	54	37	41	41
Reductie wachttijd	-	38%	29%	29%

Tabel 2: Samenvatting van resultaten voor het referentiemodel en drie scenario's



Scenario 1: Flexibele operatietijden

In dit scenario wordt geen capaciteit toegevoegd, maar wordt beschikbare capaciteit flexibel ingezet. Operaties worden altijd op de geplande dag uitgevoerd, waarbij de methode van plannen gelijk is aan het referentiemodel. Patiënten worden niet afgezegd als het programma uitloopt. Dit kan bijvoorbeeld door het volledig flexibel inzetten van deeltijdwerkers met een minmaxcontract. De werktijd is dan echter pas op de dag zelf bekend. In plaats hiervan kan worden gekozen voor een deeltijdwerker die 's morgens in de OK werkt, waarna zijn taken worden overgenomen door een fulltimer of een deeltijdwerker met een minmaxcontract. De totale OK-tijd is in dit scenario nagenoeg gelijk gebleven, maar de gemiddelde wachttijd van de patiënten is aanzienlijk afgenomen.

Scenario 2: Patiënt-specialistrelatie flexibel

Ook in het tweede scenario is geen capaciteit toegevoegd. Een patiënt heeft echter niet langer gedurende het hele proces per definitie met dezelfde specialist te maken. Een patiënt wordt geholpen door een specialist die beschikbaar is en over de vereiste kwalificaties beschikt. Hierdoor kan een OK-dag van een specialist bijvoorbeeld worden ingeruild voor twee halve dagen van verschillende specialisten. Het plannen wordt hiermee gedifferentieerd en biedt meer mogelijkheden. (Dit is een gevoelig punt in de huidige discussie ten aanzien van deeltijdwerken. In dit scenario wordt uitsluitend aangetoond wat de effecten voor de patiënt kunnen zijn in logistiek opzicht, wanneer aan de kwaliteitsvoorwaarden voor dergelijke organisatie voldaan zou kunnen worden!). In dit scenario is sprake van aanzienlijke wachttijdverkortingen.

Scenario 3: Extra specialist poliklinisch spreekuur

In het derde scenario wordt op de plek in het proces waar de werklast het grootst was extra capaciteit toegevoegd. In dit geval een specialist in deeltijd die uitsluitend voor een totaal aantal uren één dag in de week op de polikliniek werkt. Het effect van deze ingreep is onevenredig groot, en leidt tot bijna 30% verkorting van de wachttijd.

Conclusie

Uit de scenario's voor het AZG bleek dat de huidige OK bezetting nagenoeg volledig is. Toch kan voor de patiënten met behulp van deeltijdwerkers een aanzienlijke verbetering worden bereikt ten aanzien van het aantal personen op de wachtlijst en de doorlooptijd van reguliere patiënten. Deze wordt vooral behaald door flexibiliteit in capaciteiten en personele inzet. De inzet van deeltijdwerkers is hierin zeer gunstig, hoewel niet per definitie de individuele deeltijdspecialist zich flexibeler hoeft op te stellen. Het is juist het invoeren van deeltijdwerken dat de gehele staf flexibeler maakt. Het (vaste) aantal fte's met deeltijdwerkers is namelijk makkelijker in te zetten op piekmomenten. Uiteraard dient in de voorgestelde scenario's steeds de kwaliteit van de zorg te worden gewaarborgd. Met de scenario's zijn ook andere aspecten gemoeid, zoals de planning en acceptatie van flexibelere werktijden. Het simulatiemodel toont objectief aan wat, gegeven deze borging, de mogelijke resultaten zouden zijn van alternatieve werkinrichting. Op basis van de simulatieresultaten is bij het AZG besloten tot het inzetten van extra deeltijdcapaciteit op de polikliniek. De voorgenomen verruiming van de OK-tijden is op basis van de modeluitkomsten opnieuw in overweging genomen.

OM in het ziekenhuis

Tijdens het onderzoek moest bij de betrokkenen vanuit het ziekenhuis op een tweetal belangrijke punten een gezonde dosis aan scepsis worden overwonnen. In de eerste plaats bestond er een weerbarstige houding ten aanzien van deeltijdwerken. De heersende opinie is dat een goed specialist niet in deeltijd, maar juist in 'dubbeltijd' zou moeten werken. Maar misschien nog wel een belangrijker barrière vormde de scepsis ten aanzien het gebruik van wiskundige inzichten en computermodellering in een cultuur die zeer gericht is op unieke individuen.

Voor het maken van het model is de 'werkvloer' vanaf het eerste begin bij de ontwikkeling betrokken en met grote regelmaat geraadpleegd. Het uiteindelijke referentiemodel heeft hierdoor aan geloofwaardigheid gewonnen. Het simulatiemodel heeft daarmee een grote rol gespeeld in de sfeer van acceptatie van de resultaten van het simulatiemodel en het onderzoek door de organisatie heen.

LITERATUUR

Dijk, N.M. van, Heemskerk, L.C., e.a. (2004). Heersen over de golven: Het verkorten van wachtlijsten met wachttijdtheorie en simulatie. *Medisch Contact*, 11, 406-408.
Dijk, N.M. van, Heemskerk, L.C., e.a. (2004). Het halve werk is een goed begin: Wachttijdtheorie en simulatie illustreren de perspectieven van deeltijdwerk. *Medisch Contact*, 11, 409-411.

LINDA HEEMSKERK studeerde *Operations Research en Management* aan de UvA. Het scriptieonderzoek heeft plaatsgehad bij Incontrol, onder begeleiding van Prof. Dr. N.M. van Dijk voor ZON-Mw in het kader van het programma *Deeltijdwerken Medisch Specialisten (DMS)*. Voor haar scriptie op basis van dit onderzoek ontving zij de H.K. Nieuwenhuisscriptie-prijs 2003 voor de beste scriptie aan de FEE. Sinds augustus 2003 is Linda werkzaam bij de Stichting voor Economisch Onderzoek der Universiteit van Amsterdam (SEO).
E-mail: <heemskerk@seo.nl>.

Regionale afstemming van Intensive Care capaciteit

Ziekenhuizen zijn private instellingen en verantwoordelijk voor het eigen resultaat. Het belang van adequate patiëntenzorg loopt dwars door de zelfstandige verantwoordelijkheid van de ziekenhuizen. Het belang van de trauma patiënten in de regio vraagt afstemming en transparantie tussen de ziekenhuizen om met dezelfde capaciteit zowel alle regionale traumapatiënten als de eigen geplande patiënten te kunnen opvangen. Wiskundige modellen om te plannen, en minimaal benodigde capaciteit te berekenen met maximale opvang, bieden onderbouwing voor het realiseren van draagvlak bij in regionale capaciteit participerende ziekenhuizen. Voor de regionale opvang van patiënten is een model ontwikkeld dat fracties geweigerde patiënten adequaat kan berekenen. Regionale Intensive Care capaciteit voor traumapatiënten en samenwerking kan voor alle ziekenhuizen de efficiëntie verhogen, zonder het totale aantal Intensive Care bedden in de regio te vergroten. De capaciteit in de regio wordt beter benut, mede omdat het aantal voor geplande patiënten gereserveerde bedden kan worden verminderd.

**RICHARD J. BOUCHERIE, MARK VAN HOUDENHOVEN, NELLY LITVAK,
MARLEEN VAN RIJSBERGEN**

‘Honderden patiënten sterven jaarlijks onnodig’ was de stelling in de uitzending van *NOVA* op 6 november 2001, waarin het tekort aan Intensive Care (IC) capaciteit werd besproken (www.novatv.nl). De minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

(VWS) heeft erkend dat er capaciteitsproblemen zijn en een aantal studies in gang gezet. Een observatie in die studies is dat problemen met opname en ontslag van patiënten een belangrijke bijdrage leveren aan de problematiek van de IC.

In 2001 werd ruwweg 10% van de traumapatiënten bij IC's geweigerd vanwege capaciteitsproblemen, 4% geaccepteerd ondanks afwezigheid van beschikbare capaciteit en 3% vroegtijdig ontslagen en overgeplaatst naar een gewone verpleegafdeling (Hautvast et al 2001). Een belangrijke oorzaak van deze problematiek is het tekort aan IC-verpleegkundigen. Een IC-bed is beschikbaar indien voldoende IC-verpleegkundigen kunnen worden ingezet.

Een versterkende factor in de IC-problematiek is de complexe ketenlogistiek (afstemming tussen de afdelingen) van het ziekenhuis. Voor het ziekenhuis is het niet beschikbaar zijn van een bed voor een geplande operatie (geplande patiënt) bijzonder kostbaar, vanwege de verspilling van operatiecapaciteit. Om deze reden worden regionale traumapatiënten (bijvoorbeeld als gevolg van een ongeluk) door ziekenhuizen geweigerd ook wanneer er nog bedden beschikbaar zijn, die op een later tijdstip nodig zijn voor geplande patiënten.

Regionale opvang

In Nederland is gekozen voor een regionale aanpak voor de opvang van traumapatiënten. Vanwege de kwaliteit van de zorg is het zeer onwenselijk dat patiënten naar een IC buiten de regio vervoerd worden. Alleen indien alle IC-bedden binnen de eigen regio bezet zijn, mag een patiënt worden verwezen naar een ziekenhuis buiten de regio. In de huidige decentrale inzet van IC-capaciteit kan het voorkomen dat patiënten naar IC's buiten de regio worden verwezen door gelijktijdig optreden van reservering van capaciteit voor geplande patiënten op enkele IC's, en het daadwerkelijk vol zijn van andere IC's. Regionale opvang vereist duidelijkheid over het aantal beschikbare IC-bedden bij ieder ziekenhuis binnen de regio, evenals een heldere afbakening van regels voor opname van regionale trauma patiënten.

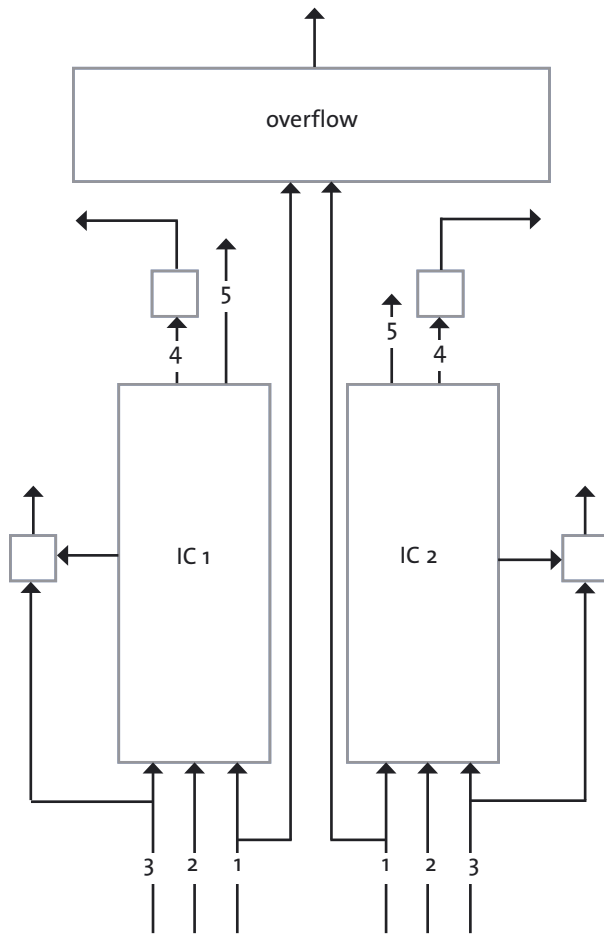
Optimale opvang

Het doel van deze studie is aan te geven in welke mate de efficiëntie (fractie geweigerde patiënten) van de IC's van alle ziekenhuizen in de regio verhoogd kan worden door het benoemen van een klein deel van de IC-capaciteit voor regionale trauma patiënten. Het uiteindelijke streven is om de structuur te benoemen die vereist is om met minimaal benodigde IC-capaciteit maximaal de vraag naar zorg binnen de regio op te vangen.

Inventarisatie van IC-capaciteit

Inventarisatie van de regionale IC-capaciteit vereist een model dat zowel de onzekerheid in het aanbod in de patiëntenstroom als de onzekerheid in de ligduur van patiënten bevat. Tevens is een adequate modellering van verschillen in patiëntenstromen van belang voor een heldere conclusie. Hiertoe is een inventarisatie gemaakt van de patiëntenstromen binnen een IC.

Figuur 1 geeft een beeld van de patiëntenstromen voor twee IC's. De IC vormt een belangrijke schakel binnen de keten die een patiënt kan doorlopen binnen een ziekenhuis, en ontvangt ruwweg drie stromen patiënten. Een interne trauma patiënt (stroom 3), bijvoorbeeld een spoed geval binnen het ziekenhuis, moet altijd worden opgenomen op de eigen IC. Indien de IC geen bed beschikbaar heeft, wordt de patiënt op een zogenaamd overbed geplaatst, waardoor het IC personeel tijdelijk meer bedden moet bedienen. Zodra een patiënt vertrekt uit de IC zal het overbed worden opgeheven. Een geplande IC-patiënt (stroom 2) heeft bijvoorbeeld een geplande operatie ondergaan. Een geplande operatie kan pas starten wanneer een na de operatie noodzakelijk IC-bed beschikbaar is. Geplande patiënten (operaties) worden afgezegd indien de capaciteit van de IC volledig benut is. Regionale traumapatiënten (stroom 1), bijvoorbeeld als gevolg van een ongeval, worden geweigerd bij de IC indien de capa-



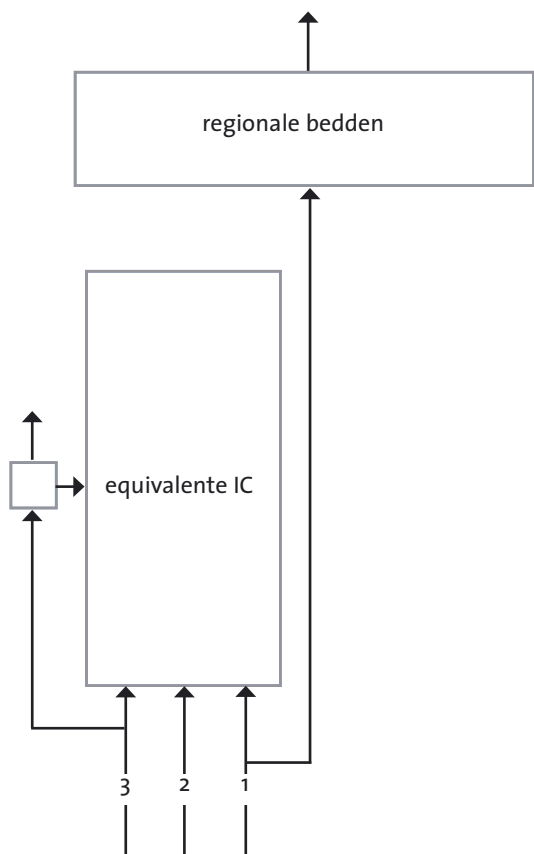
Figuur 1: patiëntenstromen voor twee IC's.

capaciteit van de IC volledig benut is, en worden verwezen naar de Overflow. Wanneer we regionale capaciteit buiten beschouwing laten zullen deze patiënten worden verwezen naar een IC buiten de regio, en representeert Overflow deze groep. Wanneer we regionale capaciteit in beschouwing nemen representeert Overflow de regionale capaciteit. Patiënten vertrekken van de IC als gevolg van vroegtijdig ontslag (stroom 4), of als gevolg van verbetering van hun toestand of overlijden (stroom 5). We zullen stroom 4 buiten beschouwing laten.

Modellering met behulp van wachtrijtheorie

Het gedrag van IC's in een regio lijkt sterk op dat van circuit geschakelde telefoonsystemen, waarin telefoongesprekken worden gegenereerd volgens een toevalsproces en een gesprek een telefoonlijn bezet houdt gedurende het gehele gesprek. Het aantal telefoonlijnen voor iedere centrale is beperkt. Centrales delen een gezamenlijke overflow van beperkte capaciteit om bij de centrales geblokkeerde gesprekken af te handelen. Uit de wachtrijtheorie is een zeer accurate benadering bekend voor de bepaling van de fractie geblokkeerde gesprekken (locaal en bij de overflow), de zogenaamde Equivalent Random Methode (ERM), zie Wilkinson 1956.

Identificatie van circuit met bed en van gesprek met patiënt maakt de ERM toepasbaar voor de analyse van IC-capaciteit. Interne trauma patiënten, die moeten worden opgenomen op de IC, kunnen binnen de standaardversie van ERM niet worden gemodelleerd. Hiertoe is een generalisatie van de ERM ontwikkeld. Deze methode werkt als volgt. Voor een enkele IC met regionale bedden (gemodelleerd als Overflow met eindige capaciteit) is de fractie geweigerde regionale traumapatiënten te bepalen. Voor een regio met meerdere IC's en regionale bedden is een analytische uitdrukking voor de fractie geweigerde traumapatiënten per IC niet te bepalen. Hier biedt de ERM uitkomst. Voor iedere IC wordt gemiddelde en variantie van het aantal patiënten in de Overflow met onbeperkte capaciteit bepaald. Gemiddelde en variantie van het totale aantal patiënten in de overflow volgt dan door sommatie van de waarden van de afzonderlijke IC's. Met de zo bepaalde gemiddelde en variantie construeren we een enkele IC die dezelfde waarden geeft voor gemiddelde en variantie van het aantal patiënten in de Overflow, zie figuur 2, waar we twee IC's hebben vervangen door een enkele Equivalent Random IC. Wanneer we nu de zo geconstrueerde Equivalent Random IC beschouwen met een regionale IC met beoogde



Figuur 2: Equivalent Random IC.

omvang, kunnen we de fractie geweigerde regionale traumapatiënten bepalen. Uit deze fractie is tevens de fractie geweigerde regionale trauma patiënten per IC te bepalen.

Om de nauwkeurigheid van de ERM benadering te onderzoeken is een simulatiestudie uitgevoerd. De benadering blijkt bijzonder accuraat: belangrijke indicatoren als gemiddelde ligduur en fractie geweigerde patiënten worden voor realistische patiëntenstromen binnen een nauwkeurigheid van 10% benaderd. Het is derhalve gerechtvaardigd de analytische resultaten verkregen met behulp van ERM te gebruiken voor een studie

naar de verdeling van capaciteit tussen IC en regionale IC.

Regio Rijnmond

Voor een gedetailleerde studie is de regio Rijnmond als uitgangspunt genomen. In deze regio fungeert het Erasmus Medisch Centrum (Erasmus MC) als traumacentrum. Dit veroorzaakt een extra druk op de beschikbare capaciteit van de IC van het Erasmus MC, resulterend in weigering van geplande patiënten. Inzicht in het voordeel van een regionale aanpak is voor het Erasmus MC dus van bijzonder belang. Voor het Erasmus MC zijn gedetailleerde data verkregen betreffende patiëntenstromen en fracties geweigerde patiënten. Voor drie ziekenhuizen in de regio zijn geaggregeerde data gebruikt: Albert Schweitzer (AS), Dirksland (D), en Sint Franciscus (SF). De IC-capaciteit van de genoemde ziekenhuizen is EMC: 36, AS: 13, D: 5, SF 11. We zijn uit gegaan van een regio bestaande uit de vier genoemde ziekenhuizen. Patiëntenstromen bij overige ziekenhuizen zijn buiten beschouwing gelaten.

Een eerste studie betreft het toevoegen van beschikbaar komende capaciteit als regionale IC. De capaciteit van de bestaande IC's blijft hierbij ongewijzigd, waardoor de fractie geweigerde geplande patiënten en de inzet van overbedden ongewijzigd blijft. We zijn geïnteresseerd in het vereiste aantal extra bedden voor regionale trauma patiënten wanneer de patiëntenstroom bij iedere IC afzonderlijk beschouwd wordt, en wanneer de IC's elkaar volledige inzage geven in de beschikbare regionale IC-capaciteit, en regionale trauma patiënten vrij geplaatst kunnen worden in de beschikbare regionale bedden. Indien we als doel stellen dat hoogstens 1% van de regionale trauma patiënten bij aanbod aan een IC wordt geweigerd vinden we zonder samenwerking dat het vereiste aantal extra bedden is EMC: 9, AS: 3, D: 0, SF: 4, totaal 16 extra bedden, terwijl vol-

ledige samenwerking 11 extra bedden vereist om dezelfde fractie geweigerde patiënten te bewerkstelligen. De verdeling van deze bedden over de ziekenhuizen wordt door de benadering niet voorgeschreven. Samenwerking resulteert in een besparing van 5 bedden (31%). Andere scenario's voor patiëntenstromen en keuze voor maximale fracties geweigerde patiënten geven een vergelijkbaar beeld.

Een tweede optimalisatievraag betreft het aanwijzen van bestaande IC-bedden voor een regionale functie. Hierbij wijst iedere IC een deel van haar capaciteit aan als regionale IC capaciteit. Het is duidelijk dat de regionale traumapatiënt het meest gebaat is bij een grote regionale capaciteit, immers alleen deze patiënt kan hiervan gebruik maken. Voor de geplande patiënt is juist een kleine regionale capaciteit optimaal. Het analytische model stelt ons in staat een gevoeligheidsanalyse te doen afhankelijk van de door het management gestelde doelen voor geweigerde fracties.

Gevoeligheidsanalyse kan uiteraard ook uitgevoerd worden met behulp van simulatie. Een groot voordeel van de analytische ERM benadering over simulatie is dat zeer snel veel scenario's voor de verdeling van bedden met verschillende patiëntenstromen kunnen worden doorgerekend. Hiertoe vereist ERM geen gedetailleerde data betreffende patiëntenstromen. Het analytische overflow model geeft bovendien fundamenteel inzicht in de aard van het overflow probleem.

Conclusies

Het ontwikkelde wiskundige model ondersteunt de afweging tussen locale en regionale IC capaciteit. Dit model is vergelijkbaar met modellen ontwikkeld voor telecommunicatiesystemen. Deze parallel toont de kracht aan van wiskundige modellering en analyse: wiskundige modellen zijn veelal breed inzetbaar, ook buiten de context waarin ze zijn ontwikkeld.

Vanuit het perspectief van de logistiek van een enkel ziekenhuis lijkt de inzet van regionale capaciteit voor trauma patiënten met name voor acceptatie van geplande patiënten niet altijd voordelig. Wanneer regionale IC-bedden op een transparante wijze worden ingezet door iedere IC in de regio zal samenwerking middels regionale IC-capaciteit met een kleiner aantal IC-bedden de gegeven doelstellingen voor geweigerde fracties trauma- en geplande patiënten behalen. Het door Bakker (2004) gepropageerde perspectief van de patiënt gebiedt de inzet van gedeelde regionale capaciteit voor traumapatiënten.

LITERATUUR

Bakker, P. (2004). *Het kan écht: betere zorg voor minder geld. Sneller Beter - de logistiek in de zorg*. Eindrapportage TPG. Amsterdam: TPG. Te vinden op <www.snellerbeter.nl>.

Hautvast, J.L.A., et al. (2001). *Plaats in de herberg, een studie naar determinanten van opname- en ontslagproblemen in IC-afdelingen in Nederland*. Julius Centrum voor Huisartsgeneeskunde en Patiëntgebonden Onderzoek, Utrecht.

Wilkinson, R.I. (1956). Theories for toll traffic engineering in the USA. *The Bell Systems Technical Journal*, 35, 421-514.

RICHARD BOUCHERIE is hoogleraar Stochastische Processen in Telecommunicatie en Logistiek in de afdeling Toegepaste Wiskunde in de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de Universiteit Twente. E-mail: <r.j.boucherie@utwente.nl>.

MARK VAN HOUDENHOVEN is als clustermanager van het operatiekamercomplex, de afdeling Intensive Care en de afdeling Anesthesiologie verbonden aan het Erasmus MC in Rotterdam.

E-mail: <m.vanhoudenhoven@erasmusmc.nl>.

NELLY LITVAK is als universitair docent verbonden aan de leerstoel Stochastische Operationele Research in de afdeling Toegepaste Wiskunde in de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de Universiteit Twente. E-mail: <n.litvak@utwente.nl>.

MARLEEN VAN RIJSBERGEN heeft voor haar afstudeerwerk bij de leerstoel Stochastische Operationele Research in de afdeling Toegepaste Wiskunde in de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de Universiteit Twente gewerkt in het Erasmus MC. Momenteel is zij werkzaam bij ORTEC.

E-mail: <m.vanrijsbergen@alumnus.utwente.nl>.

Optimalisatievraagstukken in de gezondheidszorg

Een van de activiteiten van het programma Sneller Beter van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport betreft een logistieke analyse van de zorgsector door het post- en logistiekbedrijf TPG onder leiding van haar topman Peter Bakker.* TPG doet diverse aanbevelingen, waarbij de kern van het betoog is dat de zorgsector, met name ziekenhuizen, dient om te schakelen van een push-systeem naar een pull-systeem.

BART VELTMAN

Binnen een pull-systeem wordt het zorgpad (de achtereenvolgende stappen van zorgverlening) voor zover bekend in zijn geheel ingepland bij intake van een patiënt. Door (stappen uit) zorgpaden te standaardiseren en de uitvoering te meten kunnen plannings vergelijken worden met de praktijk om zo mogelijkheden tot verbetering te identificeren. TPG verwacht op basis van ervaringen binnen de eigen organisatie dat deze omschakeling veel ruimte zal bieden voor optimalisatie van de zorgprocessen.

Logistieke, kwantitatieve bril

TPG staat in deze verwachting niet alleen. Ook de zorginstellingen zelf, zoals ziekenhuizen en thuiszorgorganisaties, beseffen dat verbetering mogelijk is en willen deze graag aanbrengen. Op diverse terreinen staan zorginstellingen in contact met de academische wereld en zakelijke dienstverleners om met een meer logistieke, kwantitatieve bril naar hun bedrijfsprocessen te kijken. Zo werkt het Erasmus Medisch Centrum aan simulatiestudies op het vlak van OK-planning (bezetting van de operatiekamer), heeft circa 25% van de

ziekenhuizen *advanced planning software* geïmplementeerd voor het opstellen van dienstroosters van verplegend en medisch personeel, heeft het Leids Universitair Medisch Centrum *executie management software* geïmplementeerd voor het aansturen van de interne logistiek, is een groep ziekenhuizen actief met het implementeren van *planning software* voor het inroosteren van stageplaatsen, en zet een aantal thuiszorgorganisaties de eerste verkennende schreden op het vlak van bedrijfsondersteuning door *advanced planning software*. Ook het feit dat binnen de zorgsector de ICT budgetten de laatste jaren in absolute en relatieve zin aan het toenemen zijn duidt erop dat de ontvankelijkheid voor een kwantitatieve benadering van de zorgverlening groeit.

Omgevingen als ziekenhuizen en thuiszorg bieden tal van onderwerpen waarop een kwantitatief geschoold deskundige actief kan zijn. Dit wordt ook binnen de academische wereld in toenemende mate onderkend. Universiteiten en onderzoeksinstellingen als het Centrum voor Wiskunde en Informatica, TNO, de Universiteit Maastricht, de Technische Universiteit Delft en de Technische Universiteit Eindhoven zijn al of niet



in onderlinge samenwerking en in samenwerking met externe commerciële instellingen actief in het opzetten van onderzoeksprogramma's voor verbetering van patiëntenlogistiek. Dergelijke onderzoeksprogramma's, of voorstellen daartoe, hebben niet zelden een multidisciplinair karakter.

De complexiteit van patiëntenlogistiek kent diverse oorzaken. Meerdere middelen en mensen zijn vaak nodig voor behandeling, soms opeenvolgend in de tijd en soms gelijktijdig. De medische disciplines zijn in grote mate onafhankelijk van elkaar georganiseerd, zodat afstemming voor het inplannen van een zorgpad lastig is. Daarbij kent

een zorgpad een mate van onzekerheid: complicaties doen zich voor waardoor een zorgpad herzien dient te worden en zorgpaden zijn (ook daar waar mogelijk) thans slechts beperkt gestandaardiseerd. Spoedeisende hulp is soms noodzakelijk en verstoort daarmee lopende, geplande zorgpaden. Behandelend personeel wordt zelf ook soms ziek, middelen gaan kapot, patiënten komen soms niet opdagen, en zo zijn er tal van versturende elementen die zich op het laatste moment nog voordoen. Kortom patiëntenlogistiek biedt een rijkdom aan vraagstukken op het vlak van *(online) scheduling, routing, productie- en projectplanning, capaciteitsmanagement*, enzovoort.

Dienstroosting

Voor deze rijkdom aan vraagstukken en de daaraan gerelateerde bedrijfsprocessen is momenteel geen overkoepelend passend *advanced planning software product* beschikbaar; dat is wellicht ook teveel gevraagd. Daarmee is niet gezegd dat kwantitatieve technieken binnen de zorgsector niet worden toegepast. Op onderdelen van de bedrijvigheid in de zorgsector treft men mooie voorbeelden van toepassingen van, bijvoorbeeld, operations research aan. In dit artikel gaan we nader in op de dienstroosting, ook wel aangeduid met *nurse rostering* of *workforce scheduling*. Op dit terrein is reeds veel onderzoekswerk verricht en dat heeft zijn weg naar de praktijk gevonden. Recent verscheen een overzicht van het onderzoek door de jaren heen op dit gebied in het *Journal of Scheduling* (Burke, Causmaecker, Berghe, Landeghem, 2004).

Het dienstrooster heeft als doel te regelen dat gekwalificeerd personeel op de juiste tijden en in de juiste aantallen beschikbaar is om de te verrichten arbeid uit te voeren. Dienstroosting is balanceren tussen wat de organisatie vraagt, het personeel wenst en de financiering en arbeidswetgeving mogelijk maakt. Een ziekenhuis vraagt arbeid op onregelmatige werktijden; een zogenaamde 7 x 24 uren inzet. Een werknemer dient tijdig te ontspannen van het werk en heeft persoonlijke voorkeuren voor de momenten waarop die ontspanning wordt genoten. Er bestaan tal van strategieën om tot een dienstroosterplanning te komen. Iedere strategie kan op zich weer leiden tot heel andere optimalisatievraagstukken. Een strategie is bijvoorbeeld om werknemers volgens cyclische patronen arbeid te laten verrichten. Hierdoor ontstaat voorspelbaarheid over de momenten van ontspanning, zodat de werknemers in staat zijn hun privé activiteiten daarop af te stemmen. Deze strategie leidt tot vraagstukken op het vlak van cyclisch roosteren. Een andere strategie is om stapsgewe-

wijs voortschrijdend te roosteren, waarbij over een langere horizon de vrije tijd, met name de 'weekeinden' van aaneensluitende vrije dagen, wordt ingepland en over een kortere horizon de precieze arbeidsmomenten worden vastgelegd. Weer een andere strategie is om enige mate van marktwerking in te brengen door werknemers te laten bieden op dienstroosters of specifieke diensten waar zij voorkeur aan verlenen. Deze zogenaamde biedsystemen komen in Nederland overigens nog weinig voor.

Bij het ontwikkelen van *advanced planning software* voor dienstroosting wordt de ontwikkelaar uitgedaagd om de functionaliteit zo vorm te geven dat de verschillende strategieën en de daaraan gerelateerde verschillende bedrijfsprocessen allen ondersteund kunnen worden. Deze uitdaging doet zich ook voor op het vlak van de algoritmieken. De ontwikkelaar kan kiezen tussen het aanleggen van een verzameling algoritmen die ieder voor zich een specifieke roosterstrategie ondersteunen, of het aanleggen van een generiek algoritme dat in staat is meerdere roosterstrategieën te ondersteunen, bijvoorbeeld door het op die strategieën in te regelen. Het vernoemde overzichtsartikel (Burke, Causmaecker, Berghe, Landeghem, 2004) besteedt aan beide alternatieven aandacht. Vanuit de ontwikkelaar gezien heeft de laatste keus mogelijk de voorkeur; de totale ontwikkelkosten zullen waarschijnlijk lager uitvallen. Er zijn echter nog meer redenen waarom ontwikkelaars van dienstroostersoftware soms voor deze weg kiezen.

Naast het gegeven dat verschillende roosterstrategieën tot verschillende kwantitatieve vraagstukken kunnen leiden, biedt het speelveld van arbeidsregelgeving en omgaan met persoonlijke voorkeuren eveneens aanleiding tot, op zijn minst, nuances in de optimalisatievraagstukken die men in de praktijk tegen komt. De Nederlandse arbeidstijdenwet geeft een kader voor organisaties om hun eigen specifieke werk- en rusttijdre-

gelgeving in te richten. In CAO's wordt dit kader maximaal benut: alle varianten die men zich kan indenken komt men in de praktijk ook tegen en, ofschoon dit niet zou mogen, feitelijk nog wel wat meer dan de toegelaten varianten. Hetzelfde geldt voor de wijze waarop een organisatie beleid vormt inzake het respecteren van persoonlijke voorkeuren en het belonen van haar werknemers. Een te specifiek op een enkele situatie toegesneden algoritme zal al snel het risico hebben niet zinvol toepasbaar te zijn binnen een licht gewijzigde context. Regelgeving, beloningsstructuren en beleid inzake persoonlijke wensen geven tal van ingangen om de dienstroostercontext licht te wijzigen. Dit wijzigen is bovendien tijdgebonden: wat een planner vandaag goed vindt, hoeft morgen wellicht geen goedkeuring te ontvangen; de randvoorwaarden en criteria voor dienstroostering zijn niet zo eenvoudig te vangen of, waar zij dit wel zijn, vragen zij een (voor de praktijk te) uitgebreide administratie.

Plannen met algoritmen

Voor het ontwikkelen van dienstroosterssoftware kiezen meerdere producenten ervoor te werken aan een omgeving die toestaat dat planners, veelal leken op het vlak van optimalisatie en kwantitatieve methoden, in staat zijn hun eigen praktijk te modelleren. Zo'n omgeving omvat ondermeer de mogelijkheid om geparametriseerd randvoorwaarden en criteria vast te leggen. Daarbij is het mogelijk een algoritme te gebruiken dat robuust is voor de keuzes die planners maken bij het modelleren van hun eigen praktijk, en dat tevens een rapportage levert die de uitkomsten van het algoritme in relatie brengt tot de keuzes die de planner tijdens het modelleren maakte. Dit laatste, een inzicht verschaffende rapportage, is van cruciaal belang om planners te laten werken met algoritmen. Het concept als geheel staat toe dat planners iteratief hun bedrijfsmodellering verbe-

teren en met behulp van de algoritmieken de resulterende dienstroosters optimaliseren.

Dergelijke in opzet generieke algoritmieken bestaat in de kern meestal uit een hybride methode; een combinatie van een lokale zoekmethode (zoals een genetic algorithm) met lokale optimalisatie routines (vergelijkbaar met de lokale zoekalgoritmen 2-opt, 3-opt) en insertiemethoden (bijvoorbeeld via prioriteitslijsten). Deze vrij algemene technieken bieden in combinatie met elkaar een rekenmethode die robuust is voor de door de planners ingerichte bedrijfsmodellen (kwalitatieve en kwantitatieve randvoorwaarden en optimalisatiecriteria). Een rekenmethode die zich laat inrichten tot een voor planners bruikbaar hulpmiddel bij het opstellen van dienstroosters.

Dergelijke advanced planning software, inclusief algoritmieken, ondersteunt onder andere bij het VU Medisch Centrum een diversiteit aan afdelingen met heel verschillende roosterstrategieën. Wij denken dat we daar als kwantitatieve gemeenschap trots op mogen zijn. Te meer daar het VU Medisch Centrum (Gras, 2005) zelf aangeeft dat het, na een eerste fase waarin administratieve processen werden geoptimaliseerd, nu toekomt aan het daadwerkelijk verbeteren van de dienstroosters zelf. Iets waar het zonder de ondersteunende software en algoritmieken niet aan was toegekomen.

* Zie <www.snellerbeter.nl> voor meer informatie.

REFERENTIES

- Bakker, P. (2004). *Het kan écht: betere zorg voor minder geld. Sneller Beter - de logistiek in de zorg. Eindrapportage TPG*. Amsterdam: TPG, 2004. Te vinden op <www.snellerbeter.nl>
- Burke, E.K., Causmaecker, P. de, Berghe, G. vanden, Landeghem, H. van (2004). The state of the art of nurse rostering. *Journal of Scheduling* 7, 441-499.
- Gras, A (2005). *Healthy staff schedules for VU Medical Center (VUMC)*. InfORTEC february 2005, 4-5.

*Bart Veltman is werkzaam bij ORTEC in Gouda.
E-mail: <bveltman@ortec.nl>.*



FRED STEUTEL

Met voorwaardelijke kansen is er altijd wat en zelden wat goeds. Nog maar kort geleden hadden we in *STATOR* de controverse over de Bayesiaanse statistiek en de rechtspraak. Nog recenter was er de tamelijk waardeloze Nationale Wetenschapsquiz (zonder Wim T. Schippers niet wetenschappelijker dan met hem, en ook niet onderhoudender), die opnieuw verwarring veroorzaakte. Veel langer geleden deed het drie-kastenprobleem stof opwaaien; niet alleen in de brievenrubriek van *NRC Handelsblad*, maar ook binnen de statistische gelederen. Hiebij deed bovendien het super-IQ (228) van Marilyn vos Savant zijn intrede in Nederland. Wat maakt het rekenen met voorwaardelijke kansen zo moeilijk?

Definities en zo

Ik heb jaren lang, soms meerdere keren per jaar, aan tweedejaars studenten verteld wat een voorwaardelijke kans is. Dat gaf geen enkel probleem, immers de definitie van 'de kans op A onder de voorwaarde B', in formule $P(A|B)$, is eenvoudig genoeg:

$$P(A|B) = P(AB) / P(B),$$

waarbij liefst $P(B)$ ongelijk aan nul is. Er zijn natuurlijk algemenere definities, waarbij de kans op de voorwaarde wel nul mag zijn, en definities waarbij maattheorie voor gevorderden nodig is, maar bijna alles kan begrepen worden met de definitie hierboven. Formules als die van Bayes volgen hier eenvoudig uit. Eén van de hoogtepunten van dit onderwerp was altijd de stelling: 'Een voorwaardelijke kans is een kans'; een stelling die mij – geheel ten onrechte – deed denken aan

het, zelfs met Google niet meer te achterhalen lied 'karnemelk is karnemelk, karnemelk is melk'. De stelling houdt in dat de voorwaardelijke kans voldoet aan de eisen die het kansbegrip definiëren; bewijs is geen probleem. Het aardige van bovenstaande stelling is dat je nu kunt kijken naar de 'voorwaardelijke voorwaardelijke kans op A onder de voorwaarde B onder de voorwaarde C'; daar blijkt dan de voorwaardelijke kans op A onder de voorwaarde BC uit te komen. Allemaal heel simpel. De problemen komen dan ook niet voort uit definities of afleidingen, maar uit de interpretatie, of meer nog uit het niet-herkennen van een kans als een voorwaardelijke kans; soms ook wordt het gegeven niet op de juiste manier als voorwaarde geïnterpreteerd. Als service voor de lezers bekijk ik twee voorbeelden die aanleiding waren tot een controverse.

Twee voorbeelden

Een oude puzzel gaat als volgt. Iemand belt aan bij een familie, waarvan hij alleen weet dat er twee kinderen zijn. Een meisje doet open. Wat is de kans dat het andere kind ook een meisje is. Sommigen geven $1/3$ als antwoord, sommigen $1/2$. Je vindt $1/3$, als je de voorwaardelijke kans uitrekent op twee meisjes onder de voorwaarde dat er minstens één is: $1/4$ gedeeld door $3/4$. Het goede antwoord is $1/2$, namelijk de kans dat er twee meisjes zijn onder de voorwaarde dat er een meisje open doet. Dat levert, ervan uitgaande dat de kinderen loten wie van beiden open moet/mag doen: $1/4$ gedeeld door $1/4 \cdot 1 + 1/2 \cdot 1/2 = 1/2$.; uitkomst dus $1/2$.

Volgens sommigen is dit eigenlijk 'triviaal, omdat de geslachten van kinderen onafhankelijk zijn en met kansen 1/2 mannelijk of vrouwelijk'; erg overtuigend klinkt dat niet.

Bij de Wetenschapsquiz was het min of meer omgekeerd: velen gaven als antwoord 1/2, terwijl het juiste antwoord 2/3 was. Het ging daarbij om de volgende vraag. In een vaas zit een witte bal; voeg met kansen 1/2 een witte of een zwarte bal aan de vaas toe; 'trek' er vervolgens één bal uit; die bal blijkt wit te zijn. Wat is de kans dat de resterende bal ook wit is? Veel mensen negeren het feit dat het om een voorwaardelijke kans gaat en zeggen 'Dat is natuurlijk de kans dat er een witte bal is toegevoegd; de kans is dus 1/2'. Het goede antwoord, botweg met de definitie van voorwaardelijke kans en in een voor zichzelf sprekende notatie: $P(W_2|W_1) = P(W_1W_2) / P(W_1)$, met $P(W_1W_2) = 1/2$ en $P(W_1) = 1/2 \cdot 1 + 1/2 \cdot 1/2 = 3/4$, zodat de gevraagde kans 2/3 is, zoals aangegeven

op de site van de wetenschapsquiz. Het probleem is blijkbaar steeds dat niet precies wordt begrepen wat de gegeven voorwaarde betekent.

Markov-ketens en zo

Het is enigszins verontrustend dat niet alleen leken, maar soms ook statistici van enige naam, moeite hebben met de eenvoudige sommen over voorwaardelijke kansen die quizmasters ons voorleggen. Voorwaardelijke kansen spelen een belangrijke rol bij het modelleren van situaties in de statistiek en de OR. Over Bayesiaanse statistiek hebben we het al gehad, maar ook Markov-processen worden gedefinieerd in termen van voorwaardelijke kansen. Het is dus belangrijk dat ook toepassers van de kansrekening en statistiek een open oog hebben voor de voorwaardelijkheid van kansen.

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar kansrekening aan de TU Eindhoven; hij is redacteur van STATOR.
E-mail: <f.w.steutel@tue.nl>.

Vrije

Een baan aan de Universiteit

De Faculteit der Exacte Wetenschappen zoekt voor de afdeling Wiskunde een

Universitair Docent Stochastiek voor Levenswetenschappen v/m

Vacaturenummer: 1.2005.00065

Voor 38 uur per week

Met als specialisatie stochastiek gericht op wiskunde met toepassingen in de levenswetenschappen.

Salaris minimaal € 2.934,- bruto per maand en maximaal € 4.580,- bruto per maand

Acquisitie naar aanleiding van deze advertentie wordt niet op prijs gesteld.

www.vu.nl/vacatures

Meer perspectief

De Vrije Universiteit is een bijzondere universiteit, betrokken bij de samenleving. Gestimuleerd door de multidisciplinaire samenwerking op één campus ontstaan toonaangevend onderzoek en inspirerende nieuwe opleidingen. Op de Zuider. In Amsterdam.



vrije Universiteit amsterdam

Meer informatie op www.vu.nl/vacatures

VVS-scriptieprijs 2004 voor Marloes Maathuis, eervolle vermelding voor Alex Siem. Juryrapport

De jaarlijkse VVS-scriptieprijs voor Statistiek en Operationele Research werd na de Statistische Dag van 1988 ingesteld om bij studenten de belangstelling te bevorderen voor onderzoek naar en toepassing van praktisch relevante methoden uit de statistiek en operationele research.

De jury van de VVS scriptieprijs 2004 had wederom een lastige taak. Uit een zevental goede scripties, moest de jury een keuze maken. Na rijp beraad was de jury het unaniem eens dat de winnaar van de scriptieprijs geworden is: Marloes Maathuis van de vakgroep Technische Wiskunde van de Technische Universiteit Delft. De motivatie voor de keuze van de jury kan als volgt worden samengevat.

De jury vindt dat het werk van Marloes Maathuis met kop en schouders uitsteekt boven de anderen en uitstekend scoort op alle criteria. De resultaten omtrent de niet-parametrische maximum likelihood schatter voor de verdelingsfunctie van bivariaat gecensureerde data zijn zeer divers. Deze lopen uiteen van existentie en uniciteit van de schatter, tot algoritmiek en consistentie. De jury is bijzonder gecharmeerd van de originaliteit van het werk, de kritische benadering en onderbouwing, de heldere schrijfrant, en de praktische relevantie en resultaten. Het gebruik van typische OR technieken als graaftheorie en graafalgoritmen in de context van maximum likelihood is relatief nieuw. De jury vindt dit een voorbeeld van wat kruisbestuiving tussen Statistiek en OR kan opleveren en is van mening dat dit raakvlak veel vaker opgezocht zou moeten worden.

Daarnaast wil de jury graag een eervolle vermelding doen toekennen aan Alex Siem van de vakgroep Operations Research van de Technische Universiteit Delft, en wel om de volgende redenen.

Ook in het werk van Alex Siem ontmoeten OR en statistiek elkaar. Alex heeft zijn afstudeerwerk verricht op het Centre for Quantitative Methods (CQM) op gebied van het schatten van Kriging modellen. Dit type modellen wordt bij CQM vrij intensief ingezet in situaties waar tijdrovende computersimulatiemodellen gebruikt worden. Het schatten van Kriging modellen gaat op basis van Maximum Likelihood en komt neer op niet-convexe optimalisatie van een functie van de determinant van de correlatiematrix. Wanneer grotere data sets geschat moeten worden of het aantal factoren toeneemt, nemen de rekentijden en de numerieke problemen snel toe. Doel van het onderzoek was te komen tot een aanpak om Kriging modellen snel en numeriek stabiel te kunnen schatten. Het werk van Alex blinkt uit in praktische relevantie en toont zijn vermogen om theoretische concepten uit de OR op inventieve wijze toe te passen.

In dit nummer vindt u een artikel waarin Marloes Maathuis haar winnende scriptie toelicht. Alex Siem zal dit in het volgende nummer van STATOR doen. Inmiddels is op de Statistische Dag de VVS-scriptie 2005 toegekend aan Marnix Engels. Hij schreef een scriptie over 'Portfolio optimisation beyond Markovitz' aan de Universiteit van Leiden onder begeleiding van Lodewijk Kallenberg en bij de Rabo bank. Ook hem is gevraagd een artikel voor STATOR te schrijven.

Schatten van de incubatietijd van HIV/AIDS

Marloes Maathuis van de vakgroep Technische Wiskunde van de Technische Universiteit Delft is winnaar van de VVS-scriptieprijs 2004. Aan de University of Washington deed zij onder begeleiding van Piet Groeneboom en Jon Wellner onderzoek naar het schatten van de incubatietijd van HIV/AIDS. In onderstaand artikel geeft ze eerst een definitie van de nonparametrische maximum likelihood schatter (MLE), en gaat vervolgens kort in op een drietal aspecten van MLE.

MARLOES MAATHUIS

De motivatie voor dit onderzoek kwam voort uit het probleem van het schatten van de incubatietijd van HIV/AIDS. Hierbij is de incubatietijd gedefinieerd als de periode tussen het tijdstip waarop HIV infectie plaatsvindt en het tijdstip waarop de ziekte AIDS begint. Het is voor het voorspellen van de AIDS epidemie van belang een goede schatter voor de verdeling van de incubatietijd te hebben. De moeilijkheid bij het schatten van deze verdeling is echter dat we het begin- en eindpunt van de incubatietijd vaak niet direct kunnen waarnemen. Het tijdstip X waarop HIV infectie plaatsvindt is in het algemeen interval gecensureerd. Dat wil zeggen dat we een interval $(l, r]$ waarnemen dat de niet waarneembare realisatie x bevat. Hier is l het tijdstip van de laatste negatieve HIV test en r het tijdstip van de eerste positieve HIV test. Als een persoon niet geïnfecteerd is tijdens de studie en er dus geen eerste positieve HIV test beschikbaar is, dan geldt $r = \infty$. Het tijdstip Y

waarop de ziekte AIDS begint kan soms wel direct worden waargenomen, maar kan ook interval gecensureerd of rechtsgecensureerd zijn.

Een schatter voor de incubatietijd $Z=Y-X$ kan worden afgeleid van een schatter voor de 2-dimensionale verdeling F_o van (X, Y) . Immers, $P(Y-X \leq s)$ kan geschat worden door integratie van de kansmassa in de diagonale strip $\{(x, y) : x \geq 0, y \leq x+s\}$. Daarom heb ik me in mijn afstudeerwerk voornamelijk beziggehouden met het probleem van het schatten van F_o in een model van dit type. Omdat we bovendien zo min mogelijk aannames wilden doen heb ik met name de nonparametrische maximum likelihood schatter (MLE) voor F_o bestudeerd. Ik heb onder andere gekeken naar:

- de berekening van de MLE;
- graaf-theoretische eigenschappen van de MLE en uniciteit;
- asymptotische eigenschappen van de MLE.

Tenslotte heb ik onze methoden toegepast op een dataset van de ‘Amsterdam cohort study of injecting drug users’. Deze dataset wordt beschreven en geanalyseerd in Geskus (2001).

Definitie van de MLE

We kunnen de MLE voor F_o definiëren in termen van zogenaamde *observatie rechthoeken*. In het x,y -vlak kunnen we namelijk iedere persoon representeren door een rechthoek die de niet waarneembare realisatie (x,y) voor deze persoon bevat. Stel bijvoorbeeld dat we observeren dat x tot het interval $(10,20]$ behoort en dat y groter is dan 30. Dan weten we dat (x,y) in de rechthoek $(10,20] \times (30,\infty)$ valt. Omdat realisaties van Y soms direct geobserveerd worden, kunnen er ook horizontale lijnstukken voorkomen. We beschouwen deze lijnstukken ook als rechthoeken. Onze data bestaan dus uit n onafhankelijke en gelijk verdeelde observatie rechthoeken R_1, \dots, R_n en de log likelihood is

$$l_n(F) = \sum_{i=1}^n \log(P_F(R_i)).$$

Een MLE $\hat{F}_n \in \mathcal{F}$ is gedefinieerd door $l_n(\hat{F}_n) = \max_{\mathcal{F}} l_n(F)$, waar \mathcal{F} de ruimte van alle 2-dimensionale verdelingsfuncties is. Omdat we hier optimaliseren over de functieruimte \mathcal{F} is dit een oneindig dimensionaal optimalisatie probleem. We kunnen echter het aantal parameters reduceren omdat de MLE de volgende eigenschappen heeft:

a. De MLE kan alleen massa toekennen aan een eindige verzameling disjuncte rechthoeken. We noemen deze rechthoeken *maximale intersecties* en duiden ze aan met A_1, \dots, A_m ;

b. De MLE wordt niet beïnvloed door de verdeling van massa over deze maximale intersecties.

Merk op dat eigenschap (b) impliceert dat de MLE niet uniek is, omdat we niet kunnen bepalen hoe de massa binnen een maximale intersectie verdeeld moet worden. Daarom richten we ons op het bepalen van de massa's $p = (p_1, \dots, p_m)$ die we

toekennen aan A_1, \dots, A_m . Omdat $P_F(R_i)$ de som is van de kansmassa's p_j waarvoor $A_j \subseteq R_i$ kunnen we de MLE nu schrijven als de $\text{argmax } \hat{p}$ van

$$(1.1) \quad l_n(p) = \sum_{i=1}^n \log \left(\sum_{j=1}^m p_j \mathbb{1}_{\{A_j \subseteq R_i\}} \right)$$

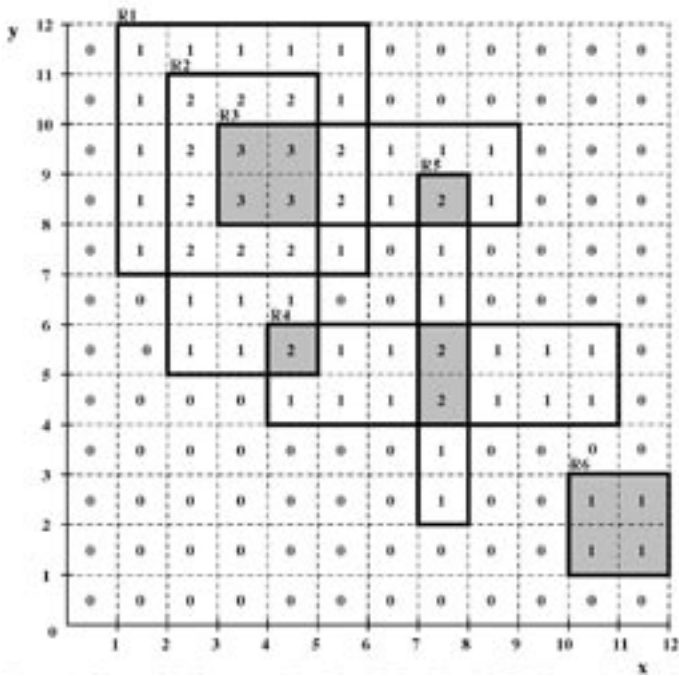
over de ruimte $\left\{ p \in \mathbb{R}^m : p_j \geq 0, j=1, \dots, m, \sum_{j=1}^m p_j = 1 \right\}$. Dit is een m -dimensionaal convex optimalisatie probleem met lineaire zijvoorwaarden.

Berekening van de MLE

Uit de definitie van de MLE blijkt dat de berekening uiteen valt in twee stappen: een reductiestap en een optimalisatiestap. In de reductiestap bepalen we de maximale intersecties A_1, \dots, A_m . In de optimalisatiestap maximaliseren we vervolgens de likelihood (1.1).

Toen ik aan mijn afstuderen begon bestonden er al verschillende algoritmes voor de reductiestap (Betensky en Finkelstein (1999), Gentleman en Vandal (2001), Song (2001)). Deze algoritmes zijn echter vrij langzaam, en kunnen daarom niet gebruikt worden voor grote datasets. Tijdens mijn afstuderen hebben Bogaerts en Lesaffre (2004) een sneller algoritme ontwikkeld, met tijd complexiteit $O(n^3)$. Tenslotte beschrijft Lee (1983) een $O(n \log n)$ algoritme voor een verwant probleem: het vinden van het grootste aantal rechthoeken met een niet lege intersectie in een verzameling gelijk georiënteerde rechthoeken.

Tijdens mijn afstuderen heb ik twee nieuwe algoritmes ontwikkeld voor de reductiestap. Het eerste algoritme, het ‘boom algoritme’, is gebaseerd op het algoritme van Lee (1983). Het tweede algoritme, het ‘hoogtekaart algoritme’, is een snel en simpel algoritme met tijd complexiteit $O(n^2)$ (Maathuis (2005)). Dit algoritme is gebaseerd op het idee dat we een hoogtekaart $h(x,y) : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{N}$ kunnen maken van alle observatie rechthoeken. De waarde $h(x,y)$ representeert het aantal overlappende observatie rechthoeken in het punt (x,y) . De maximale intersecties zijn nu precies de lokale

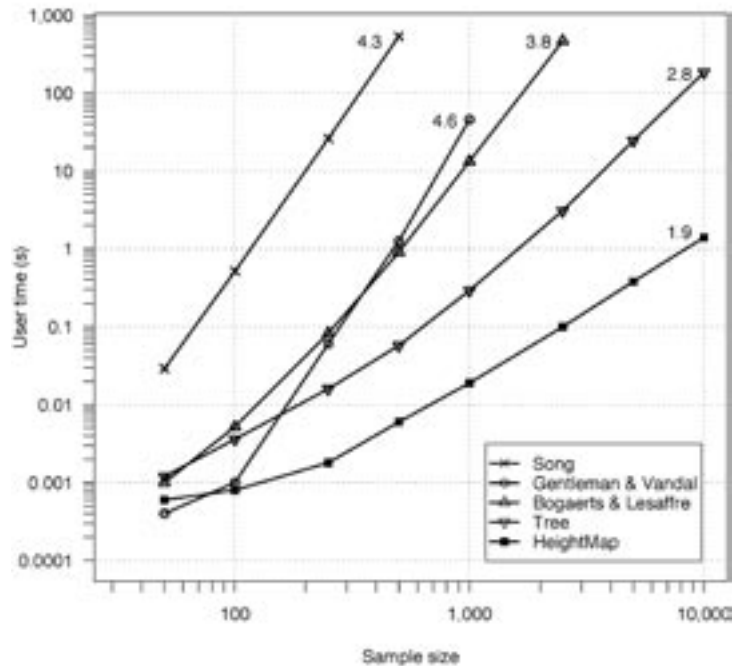


Figuur 1: Een voorbeeld van zes observatie rechthoeken en de bijbehorende hoogtekaart. De grijze rechthoeken zijn de maximale intersecties. Merk op dat deze de lokale maxima van de hoogtekaart zijn.

maxima van deze hoogtekaart. Dit is geïllustreerd in figuur 1. Figuur 2 geeft de snelheid van de verschillende reductiealgoritmes weer. Het hoogtekaart algoritme is significant sneller en kan datasets ter grootte van $n=10.000$ in minder dan 1,5 seconde aan kan. Tenslotte kan het idee van de hoogtekaart ook gebruikt worden om data te visualiseren. Figuur 3 geeft de hoogtekaart van de data van de 'Amsterdam cohort study of injecting drug users' weer. Merk op dat er een grote sprong te zien is op de 'AIDS-as' rond het jaar 1997. Deze wordt veroorzaakt doordat we alleen data tot 1997 tot onze beschikking hadden, zodat hier veel observatie rechthoeken beginnen.

Graaftheorie en uniciteit

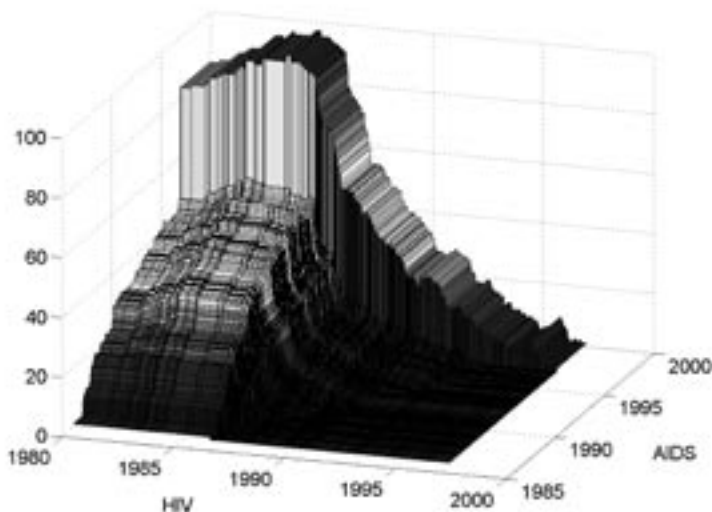
We hebben al opgemerkt dat de MLE niet uniek is, omdat we niet weten hoe de massa over de



Figuur 2: Log-log plot van de rekentijd van de verschillende algoritmes versus de steekproefgrootte van gesimuleerde datasets. De cijfers bij de lijnen zijn schattingen van hun richtingscoëfficiënten, en kunnen gebruikt worden als schattingen voor de tijdscomplexiteit van de algoritmes. Een richtingscoëfficiënt a suggereert een tijdscomplexiteit van $O(n^a)$.

maximale intersecties verdeeld moet worden. Er kan ook nog een andere vorm van non-uniciteit optreden, waarbij p_j 's niet uniek zijn. Deze vorm van non-uniciteit is geïllustreerd in figuur 4.

Gentleman en Vandal (2002) beschouwen de MLE voor bivariate gecensureerde data vanuit een graaf theoretisch perspectief, en bestuderen de intersectiegraaf en de cliquegraaf van R_1, \dots, R_n . De intersectiegraaf van de rechthoeken is een graaf waarbij iedere rechthoek R_i wordt weergegeven door een knoop, en twee knopen worden verbonden dan en slechts dan als hun bijbehorende rechthoeken overlappen. Eigenschappen van de intersectiegraaf geven inzicht in eigenschappen van de MLE. De p_j 's zijn bijvoorbeeld uniek als de intersectiegraaf *triangulated* is (d.w.z. de graaf bevat geen cyclen van lengte 4 of groter zonder koorde). In de cliquegraaf wordt iedere maximale intersectie gerepresenteerd door een knoop, en



Figuur 3: Hoogtekaart van de observatie rechthoeken van de 'Amsterdam cohort study of injecting drug users'.

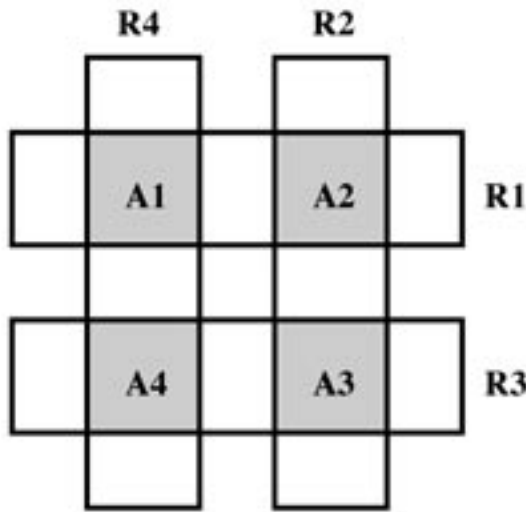
worden twee knopen met elkaar verbonden dan en slechts dan als er een observatie rechthoek is die beide maximale intersecties bevat. Gentleman en Vandal merken op dat cycli van lengte 4 of groter zonder koorde in de intersectiegraaf kunnen leiden tot non-uniciteit in de p_j 's. We hebben laten zien dat in feite niet-uniciteit in de p_j 's alleen op kan treden bij cycli met een even lengte. Tenslotte hebben we afgeleid dat $P_F(R_i)$ uniek is voor alle i , omdat de log likelihood strikt concaaf is in $P_F(R_i)$. Deze eigenschap maakt het mogelijk om uniciteit van sommige p_j 's af te leiden.

Asymptotische eigenschappen van de MLE

Asymptotische eigenschappen van de MLE voor 1-dimensionale interval gecensureerde data zijn beschreven in Groeneboom en Wellner (1992). Als X en Y beide interval gecensureerd zijn (d.w.z. dat we nooit een realisatie van X of Y exact kunnen waarnemen), dan is de MLE consistent (Van der Vaart and Wellner (2000)). Echter, in onze modellen kan Y soms wel exact geobserveerd worden, en in dit geval laten we zien dat de MLE in het algemeen niet consistent is. Deze consistentie-

problemen worden in feite veroorzaakt doordat de verzameling functies waarover we maximaliseren te groot is. We kunnen de inconsistentie ook verklaren aan de hand van eigenschap (b) van de MLE. Neem bijvoorbeeld aan dat X interval gecensureerd is en dat realisaties van Y altijd exact worden waargenomen. Dan bestaan onze observatie rechthoeken uit n horizontale lijnstukken. Als de verdeling van Y continu is, zullen deze lijnstukken elkaar niet overlappen. Ieder lijnstuk is daarom een lokaal maximum van de hoogtekaart, en dus een maximale intersectie. De MLE zal daarom massa $1/n$ aan ieder lijnstuk toekennen. Eigenschap (b) van de MLE zorgt er echter voor dat we niet weten hoe deze massa over de lijnstukken verdeeld moet worden. We kunnen bijvoorbeeld alle massa in het linker eindpunt van de lijnstukken leggen, of in het rechter eindpunt, of ergens er tussenin. We laten zien dat de MLE in het algemeen inconsistent is in al deze gevallen. We laten ook zien dat de MLE consistent is als de massa over de lijnstukken verdeeld wordt volgens de conditionele verdeling van X gegeven Y . Dit is echter geen echte oplossing voor het probleem, omdat we deze conditionele verdeling niet weten. Merk op dat eigenschap (b) niet voor problemen zorgt als we alleen maar rechthoeken (en dus geen lijnstukken) observeren. Deze rechthoeken zullen elkaar namelijk overlappen, en de maximale intersecties zullen daarom kleiner worden als de grootte van de dataset toeneemt. Het is daarom in dit geval geen probleem dat we niet weten hoe de massa over de maximale intersecties verdeeld moet worden.

De consistentieproblemen die optreden als we lijnstukken observeren kunnen op verschillende manieren opgelost worden. We hebben naar de volgende mogelijkheden gekeken: het expliciet verkleinen van de verzameling functies waarover we maximaliseren, het opdikken van de lijnstukken tot strips, en het gebruiken van een schatter die niet de log likelihood maximaliseert maar een



Figuur 4: Voorbeeld van vier observatie rechthoeken waarvoor de MLE niet uniek is in p_1, \dots, p_4 . De bijbehorende log-likelihood is $\log(p_1 + p_2) + \log(p_2 + p_3) + \log(p_3 + p_4) + \log(p_4 + p_1)$, en deze wordt gemaximaliseerd door alle waarden $\hat{p}_1 = \hat{p}_3 = x$ en $\hat{p}_2 = \hat{p}_4 = 1/2 - x$ met $x \in [0, 1/2]$.

Kullback-Leibler afstand minimaliseert. Al deze methoden gebruiken een bandbreedte parameter die met de juiste snelheid naar nul moet gaan.

Hoewel deze methoden in principe voor sommige modellen van het beschreven type consistente schatters kunnen opleveren, hebben we in het geval van het schatten van de verdeling van de incubatietijd van AIDS nog een aantal extra problemen. In de eerste plaats kunnen we in de praktijk de incubatietijd nog steeds niet consistent schatten. Dit komt doordat we de bivariate verdeling F_0 alleen consistent kunnen schatten over een rechthoekig gebied dat wordt gedefinieerd door het begin en het einde van de medische studie. De diagonale strip $\{(x, y) : x \geq 0, y \leq x + s\}$ waarover we integreren om de verdeling van de incubatie tijd af te leiden valt voor elke $s > 0$ gedeeltelijk buiten dit gebied. Dit betekent dat we integreren over een gebied waar F_0 niet consistent geschat kan worden. In de tweede plaats is er een effect dat in de Amerikaans-Engelse statistische literatuur met een *confounding effect* wordt aangeduid: sinds het begin van de epidemie (die

in de Amsterdamse cohort studie bijvoorbeeld op 1980 wordt vastgelegd) is de medische behandeling van sero-positieve patiënten sterk verbeterd en dit is waarschijnlijk van invloed op de duur van de incubatietijd.

Van de twee genoemde effecten hebben we minder last als we de conditionele verdeling van de incubatietijd schatten, gegeven dat de HIV infectie plaats vond tussen twee tijdstippen x_1 en x_2 tijdens de medische studies.

LITERATUUR

- R.A. Betensky en D.M. Finkelstein (1999). A nonparametric maximum likelihood estimator for bivariate censored data. *Statistics in Medicine* 18, 3089-3100.
- K. Bogaerts en E. Lesaffre (2004). A new fast algorithm to find the regions of possible mass support for bivariate interval censored data. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 13, 330-340.
- R. Gentleman en A.C. Vandal (2001). Computational algorithms for censored-data problems using intersection graphs. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 10, 403-421.
- R. Gentleman en A.C. Vandal (2002). Nonparametric estimation of the bivariate CDF for arbitrarily censored data. *The Canadian Journal of Statistics* 30, 557-571.
- R.B. Geskus (2001). Methods for estimating the AIDS incubation time distribution when date of seroconversion is censored. *Statistics in Medicine* 20, 795-812.
- P. Groeneboom en J.A. Wellner (1992). *Information Bounds and Nonparametric Maximum Likelihood Estimation*. Birkhäuser, Boston.
- D.T. Lee (1983). Maximum clique problem of rectangle graphs. *Advances in Computing Research* 1, 91-107.
- M.H. Maathuis (2005). Reduction algorithm for the NPMLE for the distribution function of bivariate interval censored data. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 14, 352-362.
- S. Song (2001). Estimation with bivariate interval censored data. Ph.D. thesis, University of Washington.
- A.W. Van der Vaart and J.A. Wellner (2000). Preservation theorems for Glivenko-Cantelli and uniform Glivenko-Cantelli classes. *High Dimensional Probability II*, 115-133, Birkhäuser, Boston.

MARLOES MAATHUIS.

E-mail: <marloes@stat.washington.edu>. Website: <www.stat.washington.edu/marloes>.

Herinneringen aan Jan Dijkstra

Dr. J.B. (Jan) Dijkstra is op 31 maart 2005 door een val van de trap - thuis - om het leven gekomen; hij was 59 jaar oud. Hij studeerde wiskunde en filosofie in Leiden en begon zijn wetenschappelijke carrière in 1973 op het Rekencentrum van de TU Eindhoven als adviseur voor numerieke (statistische) problemen. Toen het Rekencentrum overbodig werd, zette hij zijn werk voort in de faculteit Wiskunde. Hij promoveerde in 1987 bij professor Doornbos op het proefschrift 'Analysis of means in some non-standard situations'.

Zijn ervaring op het Rekencentrum, gecombineerd met zijn theoretische werk, maakten hem tot een uitmuntend statistisch consulent. Hij had de gave om toepassingsmogelijkheden te zien voor op het oog theoretische ontwikkelingen. Hij gaf enthousiast en inspirerend leiding aan een groep van medewerkers, die adviezen geeft op een breed gebied van toepassingen en die cursussen organiseert op het terrein van de industriële statistiek en kwaliteitszorg: ICT-OO, beter bekend als 'de groep Jan Dijkstra', een hechte groep, een vriendengroep.

Jan Dijkstra heeft zich zeer verdienstelijk gemaakt voor statistisch Nederland, niet alleen door zijn dagelijks werk, maar ook als bestuurslid

van de VVS, en speciaal van de Sectie Statistische Programmatuur.

Jan was een veelzijdig man, met belangstelling voor beeldende kunst, poëzie, muziek en fotografie; hij verzamelde antieke fotoestellen en was een enthousiast pistoolschutter. Mijn persoonlijke herinneringen aan Jan zijn ook divers: een gezamenlijk artikel van hem, Tjeu Rietjens en mijzelf, bijdragen van hem aan 'mijn' opgavenrubriek in *Statistica Neerlandica*, een bijdrage van mij aan een consultatieprobleem van hem, een door ons beiden voltooide marathon en strubbelingen in verband met een artikel van Jan in *STATOR*.

Dat laatste 'conflict' was typerend voor Jan: als hij vond dat hij gelijk had, rustte hij niet voor hij dat gelijk ook kreeg. Hij keek daar bijna wiskundig tegenaan: gelijk is gelijk, en het bijzondere was dat hij daarbij geen boosheid toonde; alleen zijn rechtvaardigheidsgevoel was in het geding.

Jans laatste jaar werd overschaduwed door privéproblemen, waarover je wel met hem kon praten, maar waarvoor je geen soelaas kon bieden.

Jan Dijkstra heeft zich op veel terreinen onmisbaar gemaakt. Wij zullen hem toch moeten missen.

FRED STEUTEL

VVS-scriptieprijs 2006



De VVS kent een prijs van 500 euro toe aan elke scriptie op het gebied van statistiek en operationele research, die naar oordeel van een jury van deskundigen in bijzondere mate voldoet aan de volgende criteria:

- kritische benadering van en originele bijdrage aan het onderwerp;
- inventieve toepassing van theoretische concepten;
- praktische toepasbaarheid van de resultaten;
- heldere betoogtrant en uitdrukkingsvaardigheid.

De scriptieprijs 2006 wordt toegewezen in twee categorieën: Bachelors en Masters scripties. Zie voor het Reglement, Aanmeldingsformulier en Tijdschema de website www.vvs-or.nl.

In Memoriam Prof. dr. J. Hemelrijk

Op 16 maart is Jan Hemelrijk (1918-2005) overleden, emeritus hoogleraar in de mathematische statistiek aan de universiteiten van Delft (1952-1960) en Amsterdam (1960-1983). Jan Hemelrijk heeft gedurende een lange periode een centrale rol gespeeld in de Nederlandse statistiekbeoefening. Via zijn promovendi (De Leve, Van Zwet, Doornbos, Molenaar en Dik) voeren de meeste Nederlandse statistici en besliskundigen hun wetenschappelijke stamboom op hem terug.¹ In 1983 ging hij met emeritaat. Zijn grote bijdrage aan de verspreiding van het statistisch gedachtegoed en aan de toepassing van de statistiek in de samenleving maakt dat *STATOR* hem hier graag wil gedenken.

Wie terugblijkt op het leven van Hemelrijk, kan moeilijk om zijn leermeester David van Dantzig (1900-1959) heen en diens rol in de beginperiode van de wetenschappelijke statistiek in Nederland. Hemelrijk promoveerde in 1950 als eerste bij Van Dantzig op het proefschrift *Symmetrietoetsen en andere toepassingen van de theorie van Neyman en Pearson*. Maar Hemelrijk had een heel wat lichtvoetiger relatie met de wetenschap en een prettiger manier van omgaan met anderen dan Van Dantzig. Over zijn sollicitatie als assistent bij Van Dantzig in 1945 zei hij: 'Ik wist niet wat statistiek was, maar dacht: Ik solliciteer maar, het is wiskunde.' Als assistent van Van Dantzig heeft hij zich intensief beziggehouden met de Kadercursus Statistiek, die deze op verzoek van de pas opgerichte Vereniging voor Statistiek ontwikkelde en die tot de eerste literatuur op het terrein van de mathematische statistiek in Nederland gerekend moet worden. Van Dantzig schreef het op maar Hemelrijk moest het redigeren, schrappen en vereenvoudigen vooral, en vervolgens typen en produceren. Dezelfde Van Dantzig liet hem over zijn proefschrift zo lang in het onzekere dat hij de spanning niet meer aankon en bij Schouten, Van Dantzigs oudere collega, in huilen uitbarstte.



J. Hemelrijk in 2000 tijdens een interview in zijn huis in IJpendam. Foto G. Alberts..

Toen het proefschrift, handelend over een verfijning van de tekentoets, eenmaal was verschenen, bleek dat er al twee toetsen bestonden voor dit probleem. Hemelrijk: 'Mijn geluk was dat ik die toetsen niet kende, anders had ik dat proefschrift niet kunnen schrijven. Een statisticus moet ook wel eens geluk hebben!' ²

Hemelrijks geliefde vorm van statistiekbeoefening was de consultatie. Als sous-chef voor de Statistische Consultatie in de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum (het huidige CWI), en vanaf 1959 als chef van de Statistische Afdeling, ontwikkelde hij een consultatiemethodiek met gestandaardiseerde memoranda en rapporten. Van Dantzig was vooral theoreticus en hield zich met grondslagenonderzoek bezig. Hij zag wel het belang in van de statistische consultatie maar voor de uitvoering had hij Hemelrijk nodig. Zelf omschreef Hemelrijk zich als 'handelsreiziger', naast de 'profeet' Van Dantzig en de 'missionaris' Sittig.³ Veel consultatie in de begin-

periode had betrekking op medisch onderzoek, waardoor het Mathematisch Centrum wegens zijn kritische houding de bijnaam 'Kerkhof van de medische onderzoekingen' verwierf. Kenmerkend voor het Mathematisch Centrum, geïnitieerd door Van Dantzig maar van harte voortgezet door Hemelrijk, was de toepassing van 'verdelingsvrije' methoden waarmee de Amsterdamse school internationale bekendheid zou krijgen.

Hemelrijks belangrijkste consultatie was ongetwijfeld het onderzoek voor de Deltacommissie in de jaren vijftig. In de confrontatie met Rijkswaterstaat is er vooral door zijn toedoen een halve meter extra op de dijken gekomen. Bij heronderzoek in de jaren tachtig bleek dat een meer geavanceerde methode lager zou zijn uitgekomen. Op zijn karakteristieke wijze concludeerde Hemelrijk dat het een zegen voor ons land is geweest, dat ze op dat moment nog niet over die geavanceerde methode konden beschikken. Daardoor kon een nieuwe dijkverhoging minstens zo'n 20 à 30 jaar worden uitgesteld. Een ander bekend project, waaraan hij met Sittig heeft samengewerkt, was het statistisch onderzoek naar een universeel maatsysteem voor de confectie-industrie. Sittig hierover: "Toen wij [...] de verkopers voordeden hoe je een passend kostuum bij een gegeven klant kunt vinden, werd na afloop unaniem gezegd: "De beste confectieverkoper in Nederland is Hemelrijk!"'

Hemelrijk was afkomstig uit een joodse familie die in de loop van de geschiedenis zeer onder de jodenvervolging te lijden heeft gehad. Zijn vader heeft in een concentratiekamp gezeten. Zelf heeft hij tijdens de oorlog samen met zijn vrouw Aleid Brandes in de illegaliteit gewerkt in een groep met onder meer Bob van Amerongen en Karel van het Reve: persoonsbewijzen vervalst en onderduikadressen gezocht. Als halfjood werd hij niet vervolgd en genoot hij zelfs het voordeel dat hij zich kon onttrekken aan de arbeidsdienst in Duitsland. Door zijn ervaring bij het vervalsen

van persoonsbewijzen werd hij vlak na de oorlog bij de gemeente Amsterdam belast met de uitreiking van distributiekaarten aan mensen die uit Duitsland terugkeerden. Hemelrijk vermoedde dat dit illegale werk bij zijn aanstelling door Van Dantzig de doorslag had gegeven.

Een bijzondere plaats in zijn hart nam bioscoop Kriterion in. Kriterion was na de oorlog opgezet door en voor verzetsmensen. Hemelrijk kon hier meteen bij de oprichting in een parttime baan aan de slag. Hij genoot van de solidaire sfeer met allemaal oud-illegalen die daar hun brood verdienden om te kunnen studeren. Hij ergerde zich vreselijk aan critici van het werkstudentschap en verweerde zich fel in een artikel in *Propria Cures*, getiteld 'Het recht van de werkstudent'.

Hemelrijk was zeer actief in de Vereniging voor Statistiek; hij was jarenlang hoofdredacteur van *Statistica Neerlandica*. Hij was van 1956 tot 1983 lid van het International Statistical Institute. Hij voelde zich in zijn element als docent. Zijn laatste publicatie uit 1998 samen met J.S. Cramer was een klein boekje getiteld *Statistiek eenvoudig*. Het geeft zijn aanpak en karakter goed weer: eenvoudig en liefst zonder formules de mathematische statistiek en grondslagen van het vak uiteenzetten. In deze kwaliteiten zullen veel statistici, maar ook besliskundigen en vele anderen in Nederland zich Jan Hemelrijk blijven herinneren.

HAN OUD

NOTEN

1. Van Eeden, C., 2000, The scientific family tree of David van Dantzig, Amsterdam: CWI.
2. 'Een statisticus moet ook wel eens geluk hebben', interview met Jan Hemelrijk door Han Oud en Gerard Alberts, in *STATOR*, 2000, nr.3
3. 'De profeet, de missionaris en de handelsreiziger', interview met Jan Hemelrijk door Richard Gill en Wouter Mettrop, in *Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarloozen*, CWI, 1987.

Van Dantzigprijs 2005 voor Sem Borst en Mark van der Laan

Juryrapport Van Dantzigprijs 2005*

Vrij snel werd het ons duidelijk dat er precies twee voortreffelijke kandidaten waren waaruit we een eindkeuze moesten doen. Dat is ons niet gelukt. Onze eindconclusie luidde dan ook dat elk van deze twee zo'n overtuigende van Dantzig prijswinnaar is dat je een groot onrecht doet aan degene die je de prijs *niet* toekent. En dat niet alleen aan die persoon, maar ook aan zijn vakgebied. Die vakgebieden zijn statistiek en OR. Meer specifiek: biostatistiek en stochastische OR. Twee deelgebieden waar nog niet eerder een van Dantzigprijs gevallen is.

De gedachten gaan gauw uit naar het kiezen tussen appels en peren. Maar men kan wel degelijk zo'n keus maken en men doet dat ook dagelijks in de supermarkt, in benoemingscommissies, enzovoorts. Dat kunnen we allemaal. En als we echt niet weten wat we moeten kiezen, kunnen we altijd nog een munt opwerpen.

De jury heeft dit dan ook genoemd als mogelijkheid aan het VVS-bestuur maar op grond van de kwaliteiten van de twee kandidaten niet zelf die stap willen maken. We zijn dan ook bijzonder blij dat het bestuur onze aanbeveling, om bij grote uitzondering dit jaar twee prijzen te geven, geaccepteerd heeft.

Eén kandidaat komt uit de statistiek (mathematisch, richting bio-statistiek; survival analysis en genomics), de andere uit de stochastische OR (wachtrijtheorie en dan toegepast aan o.m. wireless netwerken en call centres). Beide winnaars

hebben even indrukwekkende CV's en publicatielijsten; allebei met een prachtige mix van diepe wiskunde en toepassingen op grote actuele problemen uit hedendaagse wetenschap en bedrijfsleven. De ene werkt bij de universiteit (maar consulteert ook aan bedrijven), de ander (primair) bij een bedrijf maar is ook verbonden aan onderzoeks- en onderwijsinstellingen. Dit verschil zien we terug in de langere lijst PhD studenten bij de ene winnaar en de lijst patenten bij de andere. De twee prijswinnaars zijn dit jaar Sem Borst en Mark van der Laan. Ik vertel u wat over beide.

Sem Borst, geboren in 1966, is afgestudeerd in 1990 aan de TU Twente bij Ulrich Faigle, deed promotieonderzoek in de wachttijtheorie op het CWI, en is gepromoveerd in 1994 in Tilburg bij Onno Boxma. Hij is vervolgens eerst visitor en daarna full staff member bij AT&T Bell Labs, later Lucent, in Murray Hill, New Jersey. Sinds 1998 combineert hij dit met een deeltijd-aanstelling op het CWI en een bijzondere leerstoel aan de TU Eindhoven. Zijn publicatielijst telt meer dan 80 items en hij heeft 14 patenten (of patent-aanvragen) op zijn naam. Zijn werk bestrijkt het enorme veld van technische toepassingen tot fundamentele kansrekening en heeft internationaal grote erkenning gekregen. Hij was een van de eersten die inzag dat men bij wireless netwerken tegelijkertijd rekening moet houden met de stochasticiteit van de vraag als met de stochasticiteit van de radio-omgeving. Hij had niet alleen dat inzicht, hij kon dat ook daadwerkelijk uitvoeren. In zijn theoretisch werk, dat gekenmerkt wordt door elegantie en diepgang, is

hij evenzeer op zijn gemak met combinatorische of probabilistische methoden als met de klassieke complex-analytische methoden, kenmerk van de Cohen-Boxma school. Hij heeft meerdere malen best paper awards gekregen voor zijn artikelen die niet alleen qua diepgang maar ook qua presentatie meesterwerken zijn.

Mark van der Laan, geboren in 1967, is zowel afgestudeerd (1990) en gepromoveerd (1993) aan de Universiteit Utrecht, bij mijzelf, op onderwerpen uit de survival analysis en niet-parametrische schattingstheorie. Ook hij is vervolgens vertrokken naar de VS, in dit geval naar het dept. of biostatistics in Berkeley, California. Inmiddels is hij hier full professor.

Hij heeft tegen de 70 publicaties, waaronder twee boeken, en heeft tot nu toe 20 PhD studenten begeleid. Over de jaren heeft zijn werk zich verplaatst van survival analysis, naar causaliteit, longitudinale studies, model-selectie en multiple hypothese toetsen in genomics (gene arrays, gene clustering). De laatste paar jaar heeft hij succesvol een tweetal NIH grants binnengehaald, de laatste ter grootte van een miljoen dollar en geheten '*Data adaptive estimation in epidemiologie and genomics*'. Zijn werk wordt gekenmerkt door de originele toepassing van geavanceerde wiskunde op centrale problemen van de hedendaagse biostatistiek en door zijn fundamentele statistische inzichten in de statistische structuur van het probleem dat aan de orde is.

Over beide kandidaten is natuurlijk nog veel meer te zeggen. Maar u wilt natuurlijk liever naar hun voordrachten luisteren dan mijn loftuigen. Ik wil volstaan met een paar citaten uit aanbevelingsbrieven van buitenlandse experts.

Scott Zeger (biostatistiek, Johns Hopkins) zegt: '*Marks' more recent work on model-based gene expression data analysis offers a truly novel way to tackle this important problem and is likely to be important in many applications beyond molecular*

biology. Perhaps his most important work is on causal inference in longitudinal studies. His new book with Jamie Robins is already very influential, following on a series of papers in leading journals. Mark is an polymath, a wunderkind [... gaat door om te vergelijken met Peter Hall] in summary, Mark is one of the best young statisticians in the world.'

François Baccelli (INRA, France) (Europees, meer ingehouden) zegt: '*Sem Borst is an outstanding theorist with an impressive number of particularly deep contributions in queueing theory, ranging from queues with heavy tails to queues driven by Gaussian process to stochastic scheduling. He has a visible impact on network engineering. No other European researcher of his age has simultaneously succeeded in solving difficult and challenging research questions of this type and having a strong impact on engineering circles.'*

Van een ander, minder bescheiden referent (James Roberts, France Telecom): '*In my view Sem Borst is the best researcher under forty in this field, world-wide.'*

Wij als jury zijn bijzonder trots dat de Nederlandse statistiek en OR nog steeds tot de wereldtop behoort en wij zijn daarom uitermate verheugd dat het VVS-bestuur dit heeft willen markeren met een dubbele Van Dantzig prijs.

RICHARD GILL

* *De commissie voor de Van Dantzigprijs 2005 bestond uit Hans van Houwelingen (Leiden, Medische Statistiek), Jan Karel Lenstra (CWI, beslis-kunde), Jan Magnus (Tilburg, econometrie), Tom Snijders (Groningen, psychometrie) en als voorzitter Richard Gill (Utrecht, mathematische statistiek).*

Wim Klein Haneveld uitgeroepen tot pionier van zijn vakgebied

Econometrist prof.dr. Wim Klein Haneveld is uitgeroepen tot een van de twaalf pioniers van het vakgebied stochastisch programmeren. Hij is samen met elf anderen in het zonnetje gezet door de organisatie van het mondiale congres *Decision making in an uncertain world* in Tucson, Arizona (VS).

Het vakgebied stochastisch programmeren is nu 50 jaar oud en richt zich op besluitvorming onder onzekerheid. Dit is bijvoorbeeld relevant voor pensioenfondsen en bij langetermijn- of projectplanning. Het gaat om het inbouwen van onzekerheid in de beslissingsmodellen, zonder daarbij de werkelijkheid te veel te simplificeren.

Wim Klein Haneveld is al sinds de jaren 70 actief bij zijn vakgebied betrokken en hij was vele jaren de enige in Nederland die college op dit terrein gaf. Verder heeft hij belangrijke bijdragen geleverd in de vorm van publicaties en bijdragen aan vrijwel alle congressen op het vakgebied.

Naar schatting houden wereldwijd ruim 500 mensen zich bezig met stochastisch programmeren. Klein Haneveld: 'Onzekerheid heeft een belangrijk aandeel in de beslissingen in moderne tijd, maar lang niet alle besliskundigen zijn van mening dat je daar zinvol mee kunt rekenen. Lang is het voortbestaan van het vak onzeker geweest, maar de discipline is nu stevig geworteld, mede dankzij de toegenomen rekenkracht van computers. Ik verwacht dat het vakgebied groter zal worden, ondanks dat het (nog) niet door alle deskundigen wordt aanvaard. Belangrijke aanwijzing daarvoor is de erkenning die we als twaalf pioniers ook gekregen hebben van de Mathematical Programming Society.'

(Bron: *Nieuwsbrief*, 2004, week 45, RUG)

Prestigieuze Lanchesterprijs voor Alexander Schrijver

Op 25 oktober 2004 ontving prof.dr. A. Schrijver, onderzoeker aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) en hoogleraar wiskunde aan de Universiteit van Amsterdam, de Frederick W. Lanchester Prize in Denver, USA. Deze prijs wordt jaarlijks toegekend door het Institute for Operations Research and the Management Sciences aan iemand die een uitzonderlijke bijdrage heeft geleverd aan het vakgebied Operations Research and Management Sciences. Schrijver heeft zich onderscheiden door zijn boek *Combinatorial Optimization Polyhedra and Efficiency* (Springer-Verlag, 2003). De prijs bestaat uit een erepenning en een geldbedrag. Uit het juryverslag: *'It is worth mentioning that Schrijver previously won the 1986 Lanchester Prize for his excellent book 'Theory of Linear and Integer Programming'. The winning book this year reflects Schrijver's remarkable journey to give the scientific community and future generations a superb, broad and deep account of the research developments in these mathematical areas of operations research. Schrijver's book will undoubtedly become an outstanding resource for researchers and students interested in polynomial-time algorithms for combinatorial optimization problems.'*



Wim Klein Haneveld



Alexander Schrijver

Absolute top

Lex Schrijver ontvangt op woensdag 23 november 2005 de NWO-Spinozapremie en het Spinozabeeldje voor zijn werk aan combinatoriek en algoritmiëk, en de twee standaardwerken die hij schreef op dit gebied.

De NWO-Spinozapremie, ook wel gezien als de Nederlandse Nobelprijs, wordt toegekend aan Nederlandse onderzoekers die tot de absolute top van de wetenschap behoren. De laureaten zijn internationaal vermaard en weten jonge onderzoekers te inspireren. Het is dit jaar de elfde keer dat de Spinozapremies worden toegekend. De eerste keer was in 1995.

Prof. dr. A. (Lex) Schrijver (Amsterdam, 1948) studeerde Wiskunde aan de Vrije Universiteit en promoveerde aldaar in 1977. Na een aanstelling aan het Mathematisch Centrum in Amsterdam, een ZWO-Stipendium aan de Attila Jozsef Universiteit in Hongarije, en een hoogleraarspositie aan de Universiteit van Tilburg, is hij sinds 1989 verbonden aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica. Sinds 1990 is hij ook deeltijdhoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam.

Lex Schrijver is reeds 25 jaar wereldwijd een van de meest vooraanstaande onderzoekers op het gebied van de combinatoriek en algoritmiëk, in het bijzonder de combinatorische optimalisering, polyedrale combinatoriek en grafentheorie. De wiskundige ontwerpt slimme algoritmen die snel een antwoord berekenen op complexe vragen als: hoe leg je verbindingen in een te ontwerpen chip, of hoe kom je tot een optimale spoorwegdienstregeling? Zijn bijdragen hebben grote praktische

implicaties, wat ook blijkt uit de toekenning in 1987 en 2004 van de Lanchesterprijs, die over het algemeen meer naar industriële applicaties gaat.

Schrijver publiceerde meer dan 120 artikelen, waarvan hij in de helft van de gevallen de enige auteur was, en is de auteur van twee van de belangrijkste standaardwerken in zijn vakgebied. Hij ontving zowel in 1982 als in 2003 de Fulkersonprijs van de American Mathematical Society. Slechts eenmaal eerder ontving een wiskundige deze eer twee keer.

Schrijver heeft samenhang gebracht in de combinatorische optimalisering, een relatief nieuw veld van wiskundig onderzoek, door het schrijven van de boeken *Theory of Linear and Integer Programming* en het driedelige *Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency*. Zijn pogingen het onderzoeksveld samen te vatten, leidden tot de ontdekking van hiaten in de theorie. Deze vulde Schrijver vervolgens zelf in met nieuwe bewijzen en stellingen. Hij heeft het veld naar een hoger niveau getild door het te vereenvoudigen en nieuwe verbanden te ontdekken. Dit grootse werk leverde hem de prestigieuze Amerikaanse Lanchesterprijs en Dantzigprijs op.

Lex Schrijver is doordacht, degelijk en een grote persoonlijkheid met een wijd verbreide faam onder wiskundigen. Hij heeft een ontluikend onderzoeksgebied definitief op de kaart gezet. Ook hecht hij veel belang aan de popularisering van de wiskunde en geeft regelmatig lezingen voor een breed publiek. De verwachting is dat hij met deze Spinozaprijs zijn fundamentele onderzoek in het Centrum voor Wiskunde en Informatica kan verbreden en verdiepen.

(Bron: <www.nwo.nl>)

McKinsey & Company is een toonaangevend adviesbureau met meer dan 80 kantoren in 45 landen, dat werkt voor het topmanagement van grote ondernemingen. McKinsey werft talentvolle mensen en stelt zich ten doel dit talent verder te ontwikkelen. Binnen de afdeling Analytic Services van ons kantoor in Amsterdam is momenteel een positie beschikbaar voor een kwantitatief specialist.

Allround Econometrist/Kwantitatief-Specialist

Functie bij Analytic Services De afdeling Analytic Services is verantwoordelijk voor de uitvoering van complexe modelleringvraagstukken en data analyses, welke van cruciaal belang zijn voor een gefundeerd advies aan onze cliënten. Voorbeelden daarvan zijn netwerk optimalisatie, personeelsplanning, datamining en gedetailleerde kosten/batenanalyses. Als consultant van Analytic Services pas je kwantitatieve methoden en technieken toe bij het oplossen van bedrijfsproblemen. Hierbij combineer je technische vaardigheden voor het bouwen/analyseren van wiskundige modellen en databases met algemene adviesvaardigheden. Je werkt binnen projectteams in een internationale omgeving en hebt daarbij direct contact met cliënten.

Wie zoeken wij? De ideale kandidaat heeft het volgende profiel:

- Met uitstekende resultaten afgeronde universitaire opleiding Econometrie, Kwantitatieve Economie, Bedrijfswiskunde, of een vergelijkbare studierichting
- Grondige kennis van Econometrische en Operations Research technieken en ervaring met de toepassing daarvan
- Ervaring met MS-Excel, MS-Access, SAS of SPSS en een programmeertaal zoals Visual Basic
- Daadkrachtig, energiek en creatief
- Teamspeler met goede communicatieve vaardigheden die onder druk kan functioneren
- Twee jaar werkervaring in een vergelijkbare functie is een pré

Geïnteresseerd? E-mail je sollicitatie, voorzien van CV en cijferlijsten van universiteit en VWO naar: AM-Recruiting@mckinsey.com, Amstel 344, 1017 AS Amsterdam; telefoon: 020-5513777. Voor meer informatie over de functie kun je contact opnemen met Pieter Wartenhorst op bovenstaand nummer.

BESLIST BETER

Beslissen binnen een complexe en dynamische omgeving. Voor directies van ziekenhuizen gaat deze kwalificatie in toenemende mate op. Of het nu gaat om geld, capaciteit of kwaliteit, de gevolgen zijn moeilijk voorspelbaar en ijlen vaak lang na. Technieken uit de statistiek en besliskunde kunnen in zulke situaties uitkomst bieden. De Prismant Decider™ is een goed voorbeeld van een op dergelijke technieken gebaseerd adviesconcept. Een allesomvattend simulatiemodel wordt hierbij ingezet om de effecten van beleidskeuzes integraal te bepalen.

Voor Pointlogic is de gezondheidszorg een van de terreinen waar zij haar motto 'enabling smart decisions' waar maakt.

Nieuwsgiering waar Pointlogic dat nog meer doet? Kijk op onze website en ontdek welke andere innovatieve toepassingen van besliskunde er zoal mogelijk zijn.

www.pointlogic.nl

pointlogic