

Vroeger ging onder econometristen de grap: 'Een econoom is iemand die je morgen kan vertellen waarom zijn voorspelling van gisteren over vandaag niet uitgekomen is.' Om vervolgens er aan toe te voegen dat je met het gebruik van hogere wiskunde wel goede voorspellingen kunt maken. **Marcel Boere, Freek van den Eijnden, Alex Koning** en **Dick van Dijk** vertellen over de Rotterdamse Econometrie Dag, die geheel in het teken van het komende WK stond.

## Wie wint het WK?

### Inleiding

De Braziliaanse balgoochelaars lijken op het eerste gezicht onverslaanbaar ... Maar misschien is Oranje in staat om voor een stunt te zorgen ... Of zijn het toch weer die verdraaide Duitsers ...? Kortom, wie wint het WK? Al maandenlang houdt deze kwestie heel voetbalminnend Nederland bezig. Menige weddenschap is al afgesloten, elk zichzelf respecterend bedrijf organiseert een WK-pool voor haar werknemers, en ook in de media gonst het al van de voorspellingen. Voorspellingen die vaak op niets meer zijn gebaseerd dan op een vaag 'Fingerspitzengefühl'. Tijdens de Rotterdamse Econometrie Dag, gehouden op 30 maart 2006, ontdekten 180 middelbare scholieren uit heel Nederland dat het ook anders kan, en dat econometrie een goed hulpmiddel kan zijn voor het voorspellen van de winnaar van het WK. Een tweetal inleidende proefcolleges gaf een globaal idee van het voorspellen van uitslagen van voetbalwedstrijden in het algemeen en het voorspellen van de uitslagen van het WK 2006 in het bijzonder. Met behulp van de verkregen kennis en een flinke hoeveelheid voetbalgegevens over de deelnemende landen gingen de scholieren aan de slag om een eigen (en goed onderbouwde) voorspelling te maken als antwoord op de vraag: 'Wie wint het WK?'

### De Rotterdamse Econometrie Dag

Het is december 2005. Over zeven maanden viert het Econometrisch Instituut (EI), onderdeel van de Faculteit der Economische en Bedrijfseconomische Wetenschappen van de Erasmus Universiteit Rotterdam, haar vijftigste verjaardag. De medewerkers van het Instituut maken plannen om dit lustrum op gepaste wijze te vieren. In 1956 werd het EI opgericht door Henri Theil and Jan Tinbergen. Hun filosofie was 'learning-by-doing': de beste manier om econometrie te leren, is het te gebruiken voor het beantwoorden van praktische economische vraagstukken. Essentieel onderdeel van de opleiding Econometrie in Rotterdam is daarom het zogenaamde 'werkcollege', waarin studenten groepsgewijs aan een concreet economisch probleem werken. Vaak worden

hierbij recente onderzoeksresultaten van medewerkers van het Instituut, die zij met enige regelmaat in toonaangevende wetenschappelijke tijdschriften publiceren, aan de praktijk getoetst. Na 50 jaar bewezen succes staat de 'learning-by-doing' filosofie nog steeds centraal binnen de opleiding Econometrie, en sommige mensen noemen dit dan ook de 'Rotterdamse aanpak'.

Wat heeft dit nu met het WK in Duitsland te maken, zult u zich afvragen. 'Learning-by-doing' begint met leren. Juist dit leerproces zorgt voor de binding die het EI heeft met studenten en daarmee ook met middelbare scholieren. Dit zijn immers de studenten van de toekomst. Al snel werd dan ook duidelijk dat in de festiviteiten rondom de viering van het vijftigjarig bestaan ook plaats moest zijn voor scholieren.

Het brainstormen over een concrete invulling kon beginnen, waarbij ook leden van het Econometrisch Dispuut, de studievereniging, nauw werden betrokken. Op welke manier zou een groot aantal scholieren geïnteresseerd kunnen worden voor de studie Econometrie in Rotterdam? Verschillende thema's passeerden de revue, maar telkens bleef de conclusie dat dit niet zou leven onder scholieren. Totdat duidelijk werd dat het Nederlands voetbalelftal wel erg goed speelde, en zich inmiddels had gekwalificeerd voor het WK in Duitsland. Dit moest het thema zijn waardoor de econometrische wetenschap dichter bij de scholier gebracht zou gaan worden.

De centrale vraag op de Rotterdamse Econometrie Dag werd daarom: 'Wie wint het WK?'

Het antwoord op deze vraag is voor velen duidelijk. Oranje natuurlijk. Minder vaderlandslievende, of meer realistisch ingestelde mensen geven Brazilië een grotere kans. En uiteraard heeft elk team te maken met de laatste-minuut-tactiek van de Duitsers. Econometrie kan in dit geval helpen een antwoord op de vraag te formuleren in de vorm van een voorspelling. Dit is precies wat de scholieren zouden gaan doen in de vorm van een simulatiespel.

De dag wordt geopend met een korte introductie over de studie Econometrie & Besliskunde door de opleidingsdirecteur prof. dr. Albert Wagelmans. Dr. Alex Koning houdt vervolgens een inleidend college over het berekenen van winstkansen bij sportwedstrijden. Aansluitend is

de beurt aan dr. Dick van Dijk die vertelt over het evalueren van voorspellingen en het combineren van verschillende voorspellingen met als doel tot één superieure voorspelling te komen. Een korte samenvatting van deze hoorcolleges volgt hieronder.



*Impressies Rotterdamse Econometrie Dag*

Nadat de scholieren de tijd en gelegenheid hebben gehad om te experimenteren met het simulatiemodel dat speciaal voor deze dag is ontwikkeld, kan het voorspellen echt beginnen. Het gesimuleerde WK bestaat net als het echte WK uit verschillende rondes. Allereerst worden de uitslagen voor de poulewedstrijden voorspeld, onder andere aan de hand van beschikbare gegevens over prestaties in het verleden en opinies van voetbalexperts. Deze voorspellingen worden verzonden naar de server, die berekent welke groep het dichtst bij de ‘werkelijkheid’ zit. De echte uitslagen en de scores van de verschillende groepen worden vervolgens gepresenteerd. Op dezelfde manier worden ook de kwartfinales, halve finales en de finale voorspeld. Na elke ronde krijgen de scholieren additionele informatie in de vorm van krantenberichten met koppen als ‘*Van Nistelrooij verlaat met ruzie hotel Nederlands elftal*’ of ‘*Meespelen Ronaldinho in kwartfinale twijfelachtig door kuitblessure*’.

Na de finale is het tijd om de winnende groepen bekend te maken. De vier teams met de beste voorspelresultaten winnen een blanco cheque. Ook is er een blanco cheque voor het team met de meest originele manier van voorspellen. De precieze waarde van de cheques zal worden bepaald tijdens het echte WK in juni: de winnende groepen zullen namelijk ook dan de uitslagen voorspellen. Deze voorspellingen zullen gepubliceerd worden op [www.wiewinhetwk.nl](http://www.wiewinhetwk.nl). Het team dat tijdens het echte WK de beste voorspellingen levert, krijgt de hoofdprijs: een reischeque van 600 euro. Onder de andere teams worden de tweede, derde, vierde en vijfde prijs verdeeld van respectievelijk 500, 400, 300 en 200 euro.

De organisatie van de Rotterdamse Econometrie Dag hoopt dat de teams tijdens het echte WK net zo enthousiast zullen meedoen als op de dag zelf. In ieder geval kijken we terug op een heel boeiende, leerzame, en geslaagde dag.



*Impressies Rotterdamse Econometrie Dag*

## Hoe voorspel je de uitslag van een voetbalwedstrijd?

Voetballen is geen jurywedstrijd, vraag dat maar aan John de Wolf. Alleen de doelpunten tellen, en je wint de wedstrijd als je er meer maakt dan de tegenstander. Dus het voorspellen van de uitslag komt simpelweg neer op het voorspellen van het aantal doelpunten voor en het aantal doelpunten tegen. Als voorbeeld voorspellen we de uitslag van de hockeywedstrijd Rotterdam tegen Westland in de Veteranen 2A hockeycompetitie. Hockey is vergelijkbaar met voetballen, alleen ligt het aantal doelpunten iets hoger. In deze hockeycompetitie werden eind maart 2006 gemiddeld per wedstrijd 3,25 doelpunten voor gescoord, en dus ook 3,25 doelpunten tegen. Als we alleen dit weten, dan zouden we een uitslag 3,25 tegen 3,25 kunnen verwachten. Een voorspelde uitslag 3,25-3,25 is onzinnig, want dit komt nooit voor. Een uitslag 7-2 komt wel voor en een uitslag 1-3 ook. Bij elk van de mogelijke uitslagen hoort een kans. In plaats van met 3,25-3,25 op de proppen te komen, is het beter om kansen op uitslagen te geven. We moeten dus een verwacht aantal doelpunten omzetten in passende kansen. Daarvoor is kansrekening nodig. Kansrekening houdt zich bezig met gebeurtenissen die per toeval optreden, een doelpunt maken is daar een mooi voorbeeld van. Het aantal doelpunten dat een elftal maakt zien we als een kansvariabele, ook wel stochast genoemd. Een kansvariabele heeft een uitkomst, en deze is door toeval bepaald. Bij elke mogelijke uitkomst hoort een kans. De volledige lijst van mogelijke uitkomsten en bijbehorende kansen noemen we de kansverdeling van de kansvariabele. Sommige kansverdelingen komen we vaak tegen en hebben daarom een naam verdiend. Een voorbeeld hiervan is de Poissonverdeling, uitgebreid beschreven in bijvoorbeeld Heierman et al (2000). Het is uit de praktijk bekend dat de Poissonverdeling een goede beschrijving geeft van een kansvariabele  $X$  die ‘zeldzame’ gebeurtenissen telt. De Poissonverdeling dicteert dat de kans op  $x$  gebeurtenissen gelijk is aan

$$P(X = x) = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^x}{x!} \text{ voor } x = 1, 2, 3, \dots$$

Om een Poissonkans uit te kunnen rekenen, moeten we eerst de parameter  $\lambda$  weten, het verwacht aantal gebeurtenissen.

In hockey en voetbal doen zich voornamelijk doelpuntloze spelmomenten voor en zijn doelpunten inderdaad ‘zeldzaam’. De Poissonverdeling is dan ook een populaire keuze voor de verdeling van het aantal doelpunten; zie bijvoorbeeld Maher (1982) en Ridder et al. (1994).

We keren weer terug naar de hockeycompetitie. Uitgaand van een Poissonverdeling met parameter  $\lambda = 3,25$ , wordt de verdeling van het aantal doelpunten dat een elftal in een wedstrijd maakt door figuur 1 beschreven.

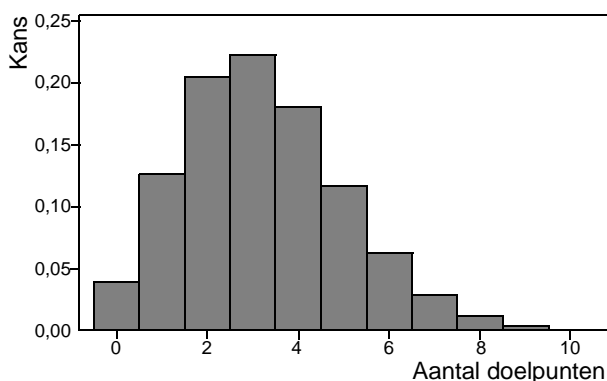


fig. 1 de Poissonverdeling voor  $\lambda = 3,25$

Tot nu toe hebben we geen rekening gehouden met krachtsverschillen tussen elftallen. Omdat krachtsverschillen zich kunnen voordoen zowel bij het aanvallen als bij het verdedigen, breiden we ons model uit door te veronderstellen dat het het verwachte aantal doelpunten dat team  $i$  tegen team  $j$  scoort gelijk is aan  $\lambda \times \alpha_i / \beta_j$ . Hierbij is  $\alpha_i$  een correctiefactor voor de aanvallende kracht van team  $i$ , en  $\beta_j$  een correctiefactor voor de verdedigende kracht van team  $j$ .

Eind maart 2006 had Rotterdam gemiddeld 3,35 doelpunten voor en gemiddeld 2,78 doelpunten tegen, zodat  $\alpha_{\text{Rotterdam}} = 3,35/3,25 = 1,03$  en  $\beta_{\text{Rotterdam}} = 3,25/2,78 = 1,17$ ; Westland had gemiddeld 1,69 doelpunten voor en gemiddeld 4,69 doelpunten tegen, zodat  $\alpha_{\text{Westland}} = 1,69/3,25 = 0,52$  en  $\beta_{\text{Westland}} = 3,25/4,69 = 0,69$ . Volgens ons model is het aantal door Rotterdam gescoorde doelpunten een Poissonkansvariabele met verwacht aantal doelpunten  $3,25 \times 1,03/0,69 = 4,85$ , en het aantal door Rotterdam gescoorde doelpunten een Poissonkansvariabele met verwacht aantal doelpunten  $3,25 \times 0,52/1,17 = 1,44$ . In figuur 2 staan de bijbehorende Poissonverdelingen afgebeeld.

Hoogst waarschijnlijk scoort Rotterdam vier doelpunten (zo'n 18% kans) en Westland een doelpunt (zo'n 36% kans). Als we veronderstellen dat de twee Poissonkansvariabelen onafhankelijk zijn, dan treedt de uitslag 4-1 met kans  $18\% \times 36\% = 6,5\%$  op.

Als we weten hoe we uitslagen van wedstrijden moeten voorspellen, zijn we in principe in staat om uitslagen van

toernooien te voorspellen, zie Dyte & Clarke (2000): als we de uitslag van elke wedstrijd in het toernooi weten, dan weten we wie het toernooi wint.

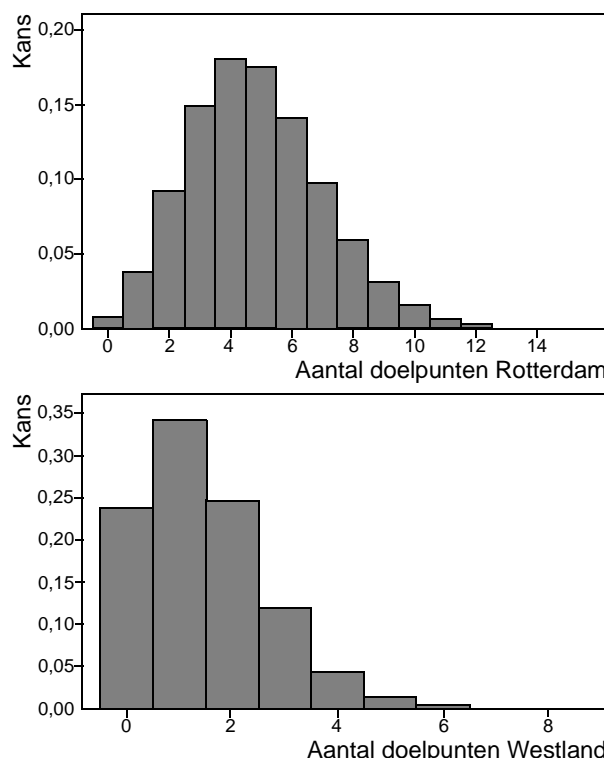


fig. 2 Verdeling van het aantal doelpunten in Rotterdam - Westland

## Hoe evalueer je voorspellingen van voetbaluitslagen?

Dit lijkt op het eerste gezicht een triviale vraag, met als voor de hand liggend antwoord: ‘Door de voorspelde uitslag te vergelijken met de werkelijke uitslag.’ Hoewel dit simpele antwoord in principe juist is, is het nog niet specifiek genoeg. Want *hoe* vergelijk je de werkelijke en de voorspelde uitslag met elkaar? Een eerste mogelijkheid is de voorspellingen te beoordelen op het al dan niet correct voorspellen van de uitslag in termen van ‘winst/gelijkspel/verlies’. Als voorbeeld bekijken we de (fictieve) uitslagen voor de wedstrijden in groep C, zoals weergegeven in Tabel 1. Voorspeller A heeft voor vier van de zes wedstrijden de uitslag correct voorspeld; een redelijke score, zo lijkt het.

Tabel 1: Voorspellingen Groep C

| Wedstrijd            | Voorspeller A | Voorspeller B | Uitslag |
|----------------------|---------------|---------------|---------|
| Argentinië–Ivoorkust | 5-0           | 9-8           | 4-2     |
| Servië–Nederland     | 1-2           | 4-5           | 0-1     |
| Argentinië–Servië    | 3-0           | 7-1           | 2-0     |
| Nederland–Ivoorkust  | 4-2           | 8-3           | 2-0     |
| Nederland–Argentinië | 0-0           | 3-2           | 0-1     |
| Ivoorkust–Servië     | 2-2           | 0-0           | 3-6     |

Echter, een belangrijk doel van het evalueren van voorspellingen is het vergelijken van de nauwkeurigheid van verschillende voorspellingen. Het beoordelen van de voorspelde uitslagen in termen van 'winst/gelijkspel/verlies' is hiervoor niet goed bruikbaar, omdat het criterium niet onderscheidend genoeg is. Ook voorspeller B heeft voor vier van de zes wedstrijden in groep C de uitslag juist voorzien, maar afgaand op het voorspelde aantal doelpunten lijkt voorspeller A toch iets meer verstand van voetballen te hebben en 'betere' voorspellingen te hebben gemaakt.

Dit suggereert om het aantal voorspelde doelpunten voor beide teams te gebruiken voor de evaluatie en vergelijking van voorspellingen – opnieuw door deze te vergelijken met het werkelijk aantal gescoorde doelpunten. Een eerste idee is om de *voorspelfout* simpelweg te definiëren als het verschil tussen het werkelijke en het voorspelde aantal doelpunten. Des te kleiner de voorspelfout, des te beter de voorspelling. Als voorbeeld nemen we de wedstrijd Argentinië–Ivoorkust, met als (fictieve) werkelijke uitslag 4-2. Een voorspelde uitslag van 5-0 levert een voorspelfout op van  $(4 - 5) + (2 - 0) = 1$ . Eenzelfde voorspelfout is echter ook het resultaat wanneer de voorspelde uitslag 0-5 zou zijn geweest:  $(4 - 0) + (2 - 5) = 1$ . Terwijl 5-0 toch een stuk 'dichter' bij de werkelijkheid lijkt te zitten dan 0-5. Ook dit criterium lijkt dus niet geschikt om goede en slechte voorspellingen te onderscheiden ...

Een beter idee is om gebruik te maken van het gekwadraterde verschil tussen het werkelijke en het voorspelde aantal doelpunten. Een voorspelde uitslag van 5-0 levert in dit geval een voorspelfout op van  $(4 - 5)^2 + (2 - 0)^2 = 5$ , terwijl een voorspelling van 0-5 een voorspelfout geeft van  $(4 - 0)^2 + (2 - 5)^2 = 25$ . Op basis van dit criterium is het overduidelijk wat de betere voorspelling is.

## Hoe en waarom combineer je voorspellingen van voetbaluitslagen?

Voor het voorspellen van voetbaluitslagen kun je gebruik maken van een groot aantal informatiebronnen. Naast gegevens over uitslagen in het verleden, geeft de huidige FIFA-ranking waarschijnlijk ook nuttige informatie, evenals de mening van voetbaldeskundigen als Jan Mulder en Hugo Borst, of wellicht is er door middel van een grootschalige enquête onder clubtrainers gepeild wie hun favoriet is voor het WK.

Deze verschillende bronnen van informatie kun je op verschillende manieren meenemen in je voorspelling. Op basis van historische gegevens voorspel je wellicht een uitslag 1-2 voor de wedstrijd Nederland–Argentinië. Omdat Johan Crujff overtuigd is van een positief 'van Basten-

effect' stel je je voorspelling misschien bij tot 2-2. En rekening houdend met het feit dat Nederland altijd goed presteert tijdens grote toernooien in Duitsland kom je uiteindelijk wellicht zelfs tot een voorspelling van 3-2. Op deze manier combineer je verschillende informatiebronnen tot één voorspelling.

Een andere mogelijkheid is om verschillende voorspellingen, die elk gemaakt zijn op basis van een enkele informatiebron, te combineren. Als voorbeeld nemen we opnieuw de wedstrijd Argentinië–Ivoorkust, met de twee hierboven genoemde voorspellingen 5-0 en 0-5. Wanneer we toch een redelijk vertrouwen hebben in de informatiebronnen die aan deze voorspellingen ten grondslag liggen (of in de personen die deze voorspellingen hebben gemaakt), kunnen we een gemiddelde nemen van deze voorspellingen:  $0,5 \times (5-0) + 0,5 \times (0-5) = 2,5-2,5$ , oftewel 3-3. Deze 'gecombineerde' voorspelling heeft een voorspelfout van  $(4 - 3)^2 + (2 - 3)^2 = 2$ , kleiner dus dan beide individuele voorspellingen. Met andere woorden, de voorspelling 0-5 lijkt op zichzelf waardeloos, maar heeft blijkbaar nuttige informatie wanneer hij gecombineerd kan worden met andere voorspellingen.

Een cruciaal punt bij het combineren van voorspellingen is ook de keuze van de gewichten die je aan de individuele voorspellingen geeft. Een goede *benchmark* is een gelijkgewogen voorspelling, zoals hierboven. Het toekennen van een groter gewicht aan voorspellingen die individueel beter zijn dan gemiddeld, blijkt echter een nog grotere winst op te leveren. Stel dat we voor de wedstrijd Argentinië–Ivoorkust een gewicht 0,8 geven aan de voorspelling 5-0 en een gewicht 0,2 aan de voorspelling 0-5. Dit geeft een gecombineerde voorspelling van 4-1, met een bijbehorende voorspelfout gelijk aan 1.

Bovenstaand voorbeeld illustreert het algemene principe dat het combineren van voorspellingen leidt tot (gemiddeld) kleinere voorspelfouten. En je hoeft je natuurlijk niet te beperken tot twee voorspellingen. Hoe meer voorspellingen je combineert, hoe nauwkeuriger de gecombineerde voorspellingen worden, waarbij het wel zo is dat het effect van het toevoegen van de drieënzeventigste voorspelling minder groot is dan van het toevoegen van een derde voorspelling. Door het combineren van voorspellingen dek je je in feite in tegen mogelijk grote fouten die een individuele voorspeller zo nu en dan maakt. Want zelfs de grootste voetbaldeskundige heeft het wel eens mis, vraag dat maar aan Johan Crujff.

*Marcel Boere, Freek van den Eijnden,  
Alex Koning en Dick van Dijk  
Econometrisch Instituut,  
Erasmus Universiteit, Rotterdam*