

Waarom werkt informatie-visualisatie zo goed?

Jan Kraak j.kraak@rc.rug.nl

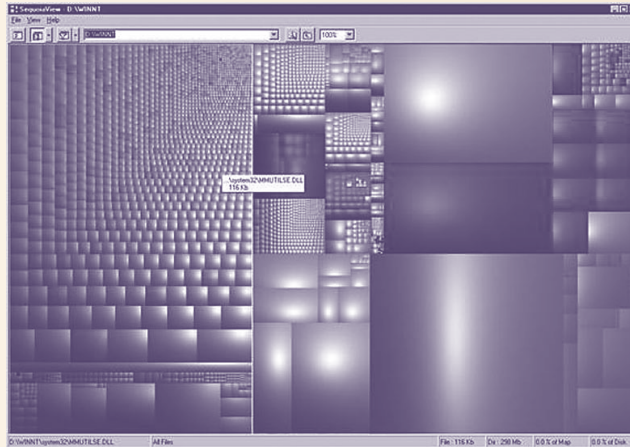


Fig. 1. Cushion treemap, om eigenschappen van files, aandelen, huizen e.d. te visualiseren.

Informatie die wordt weergegeven als een afbeelding, wordt meestal veel sneller waargenomen dan tekstuele informatie.

Het succes van informatievisualisatie is te danken aan specifieke eigenschappen van het visuele systeem van de mens. 'Harde', op experimenten gebaseerde, kennis daarvan is daarom nuttig voor het optimaliseren van visualisatietechnieken.

Dit is de boodschap van het boek 'Information Visualization' van Colin Ware, dat bestemd is voor men-

sen die hun technische kennis over visualisatie willen aanvullen.

Cushion treemap

De afgelopen tijd schreef ik drie stukken over informatievisualisatie voor Pictogram¹. De strekking daarvan was steeds: mits op de juiste wijze gevisualiseerd, kan men in één oogopslag een grote hoeveelheid gegevens over-

noten

¹ www.rug.nl/rc/hpcv/people/kraak/publications



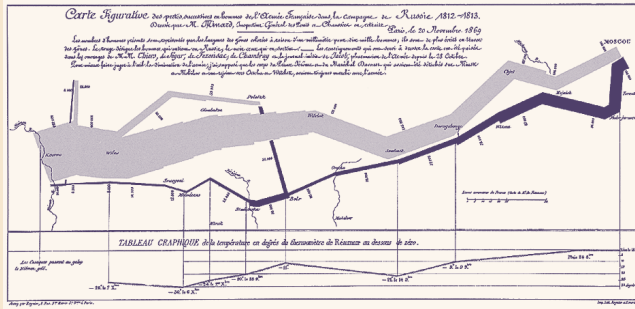


Fig. 2. Visualisatie van de Russische veldtocht van Napoleon door Minard, 1861. Eén van de beste grafieken aller tijden³.



zien en daarin bijzonderheden en trends ontdekken. In de cushion treemap (Figuur 1)² van een file-systeem zie je bijvoorbeeld meteen welke file de grootste is. Elke file wordt daarin afgebeeld door een rechthoek waarvan de oppervlakte evenredig is met de filegrootte, terwijl de kleur een indicatie is voor het type file. Een treemap leent zich eveneens voor de visualisatie van de waarde van aandelen en de prijs van huizen.

Veldtocht van Napoleon naar Rusland, 1812

Hoe komt het toch dat we in één oogopslag een gegevensvisualisatie kunnen overzien, terwijl het lezen van een tekst over hetzelfde onderwerp dikwijls veel meer tijd kost? Graaf de Ségur schreef een prachtig boek over de veldtocht van Napoleon Bonaparte (1769-1821) naar Rusland in het najaar van 1812, waarbij het enorme leger van Napoleon steeds verder Rusland in werd gelokt, terwijl de herfst inviel en het steeds kouder werd. Daarbij kwamen ongeveer een half miljoen soldaten en 150.000 paarden om. Van de ongeveer 15.000 Nederlanders, overleefden slechts 500 de tocht waaronder mijn vroegere dorpsgenoot Frederik Maurits van Heiden, die overigens later in de slag bij Waterloo zou sneuvelen⁴. Terwijl het boek enige uren lezen

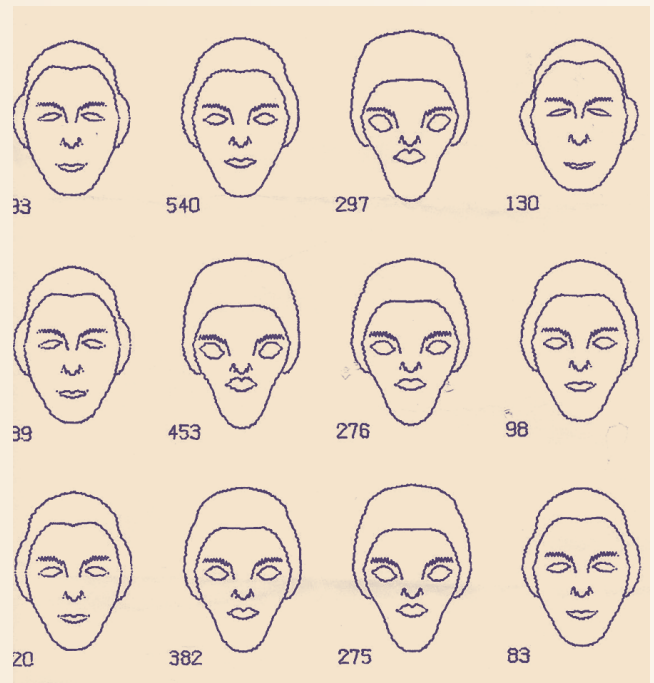


Fig. 3. In Chernoff faces zijn multivariate gegevens via kenmerken van gezichten weergegeven. Grappig, maar niet effectief om clusters op te sporen.

vergt, maakte de befaamde grafiek van Minard in figuur 2 uit 1861 de ellende van de veldtocht in een paar oogopslagen duidelijk⁵. We zien de brede lijn, die de route naar Moskou aangeeft en waarvan de breedte evenredig is met het aantal soldaten, steeds smaller worden. Op de dramatische terugtocht werd de rivier de Berezina overgestoken via gammele bruggen onder hevig Russisch artillerievuur en onder aanhoudende aanvallen van de gevreesde kozakken.

Waarnemingsexperimenten

Dat ‘een plaatje vaak meer zegt dan duizend woorden’, hangt samen met de unieke eigenschappen van ons visuele systeem. Bekwame ontwerpers van grafische voorstellingen passen die toe, maar dat doen ze dikwijls meer gevoelsmatig dan wetenschappelijk gefundeerd. Op zichzelf hoeft dat geen bezwaar te zijn. Maar soms schort er iets aan grafische voorstellingen, waardoor ze

niet helemaal goed voldoen. Neem bijvoorbeeld de Chernoff faces⁶ in figuur 3. Hierbij worden de onderdelen van een multivariaat gegeven afgebeeld op verschillende aspecten van een gezicht. Variabele één bijvoorbeeld op de lengte van de neus, variabele twee op de hoek van de wenkbrauwen, variabele drie op de afstand mond-neus etc. Ondanks onze ervaring in het beoordelen van gezichten, kost het enige tijd om verbanden te leggen tussen verschillende gezichten: dat kan zeker niet in één oogopslag. Er zijn méér visualisaties bedacht, die vanuit een bepaald theoretisch standpunt misschien fascinerend zijn, maar die perceptueel niet kloppen. Al lang zijn er waarnemingsexperimenten gedaan in psychologische laboratoria. In de Tweede Wereldoorlog, toen de radartechniek pas in gebruik was en operateurs lang naar een radarscherm

noten

- 2 SequoiaView homepage: www.win.tue.nl/sequoiaview.
- 3 www.edwardtufte.com/tufte/minard en www.edwardtufte.com/tufte/posters.
- 4 J. Kraak, Zuidlaarders in de Bataafse en Franse tijd, gepubliceerd in het blad van de Historische vereniging Zuidlaren, 2004.
- 5 Charles Joseph Minard: Mapping Napoleon's March, 1861, www.csiss.org/classics/content/58.
- 6 H. Chernoff, The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically, *Journal of the American Statistical Association*, V68, 1973.

moesten turen op zoek naar vjandelijke vliegtuigen, kregen de bevindingen van waarnemingsonderzoeken praktisch nut. Ook bij de inrichting van de controlekamer van een kerncentrale of de cockpit van een vliegtuig is het van groot belang om te weten hoe je een grote hoeveelheid informatie zo duidelijk mogelijk voorstelt, opdat er geen rampen gebeuren.

'Information visualization'

door Colin Ware

Ingenieurs moeten verstand hebben van fysica. Om een soortgelijke reden moeten ontwerpers van grafische voorstellingen een basiskennis van visuele informatieverwerking hebben. Tot nu toe besteden boeken en colleges over visualisatie hier weinig aandacht aan.

In 1999 publiceerde Colin Ware het boek *Information Visualization: Perception for Design*⁷ dat deze leemte tracht op te vullen, al biedt het zeker geen panacee voor alle problemen. Het is het eerste boek dat, zonder vakjargon, praktische regels geeft voor de effectieve visuele presentatie van informatie die zijn gebaseerd op wetenschappelijke kennis. Ware isoleerde sleutelprincipes uit de literatuur om bestaande visualisatietechnieken te optimaliseren.

Colin Ware⁸ studeerde Informatica, was daarna een tijdje grafisch ontwerper en promoveerde vervolgens op een waarnemingspsychologisch onderzoek. Thans is hij hoogleraar Informatica aan de universiteit van New Hampshire en directeur van het visualisatielab van het Center for Coastal and Ocean Mapping. Een solide basis dus om een dergelijk boek te schrijven.

Eenvoudig driestappen model

Ons oog tast als een soort zoeklicht een grafische voorstelling af.

Via zenuwcellen in het netvlies van het oog wordt visuele informatie naar de 40% van de hersenschors gebracht, die bestemd is voor verdere verwerking. Een ander deel van de hersenen verwerkt taal. Als eenvoudig model kan men zich voorstellen dat de beeldelementen in een tweedimensionale buffer worden geplaatst.

De verwerking daarna gaat in drie stappen. In stap 1 worden in een soort massief parallel proces de beeldelementen uit de buffer herkend. Hierop heeft ons 'verstand' geen greep. In het Engelse vakjargon spreekt men van *pre-attentive processing*. Onderzoek levert bijvoorbeeld aanwijzingen op voor hoe je afzonderlijke gegevens en patronen kunt laten opvallen.

In stap 2 worden de beeldelementen uit stap 1 samengevoegd tot vormen en patronen. Ook wordt hier beweging herkend. In stap 3 wordt het herkennen van patronen in een bewust proces voortgezet. Hier vestigen we bijvoorbeeld onze aandacht op een bepaald Chernoff-gezicht en tasten vervolgens met ons oog de andere gezichten af, om een vergelijkbaar gezicht te vinden. Dit is een sequentieel proces, dat veel langzamer is dan de parallelle verwerking in stap 1, die soms nog geen 20 milliseconden duurt.

Voorbeelden pre-attentive processing

Om een indruk te geven van de soort experimenten waar Colin Ware zich op baseert, geef ik enige voorbeelden van pre-attentive processing, dat belangrijk is bij informatievisualisatie. Ter introductie de tabel in figuur 4 met cijfers, waarin het oog de cijfers één voor één moet aftasten om te tellen hoe vaak het cijfer drie voorkomt.

In de tabel in figuur 5, waarin de cijfers 3 **vet** zijn gedrukt, hoeven alleen de zwarte cijfers te worden

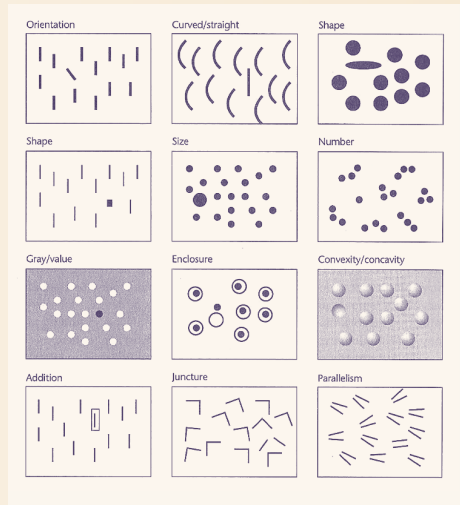


Fig. 6. Voorbeelden van *pre-attentive processing*. Behalve in de laatste twee figuren, wordt het afwijkende teken in één oogopslag herkend.

gescand, omdat verschil in zwarting *pre-attentive* wordt verwerkt. Meteen zien we dat er vier drieën zijn.

Figuur 6 toont een aantal verzamelingen van tekens, waarvan er steeds één afwijkt. Met uitzondering van de laatste twee verzamelingen met de kopjes 'Juncture' en 'Parallelism', worden alle afwijkende tekens op *pre-attentive* wijze onderscheiden. Dit soort kennis kan worden toegepast bij het maken van symbolen voor topografische kaarten, waarbij men bepaalde objecten in het oog wil laten springen.

Exploratieve data-analyse en data mining

Kennis van *pre-attentive* processing komt van pas bij het ontwerp van visualisaties van discrete multivariate gegevens in 2D (*glyphs*), om *exploratieve data analyse* te bedrijven. Colin Ware schrijft dat hooguit acht dimensies 'goed', dat wil zeggen *pre-attentive* en onafhankelijk van elkaar, in *glyphs* kunnen worden afgebeeld.

De beroemde statisticus John W. Tukey (1915-2000)⁹ introduceerde

```
85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898
```

Fig. 4. Geen *pre-attentive processing*

```
85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898
```

Fig. 5. Het cijfer 3 valt op

noten

7 Morgan Kaufmann publishers,

www.mpk.com

8 Colin Ware,

www.ccom.unh.edu/vislab/CWBio.html

9 Biografie J.W. Tukey,

www.mrs.umn.edu/~sungurea/introstat/history/w98/Tukey.html



Fig. 7. Gabor-functies variërend in grootte en oriëntatie.



exploratieve data analyse in 1977 om met behulp van grafische methoden inzicht in grote verzamelingen data te krijgen en om hypothesen op te stellen. Tukey, die bekend is geworden door zijn *Fast Fourier Transformatie-algoritme* en verder onder meer door zijn *box-and-whisker plots*, was de voornaamste spreker op de conferentie 'Looking at Multivariate Data', gehouden in Sheffield in 1980. Ik had het geluk om daarbij aanwezig te zijn, temidden van statistici. De oude Tukey droeg een toentertijd 'hippe' rugzak, die hij ook niet afdeed tijdens zijn voordrachten. Het was alsof hij elk moment kon opstappen. Hij overdonderde ons met zijn grafische uitvindingen en woordvondsten¹⁰. Achteraf gezien denk ik dat daar wel eens een grafiek bij was die, hoe verrassend misschien ook, niet optimaal was.

Tegenwoordig gebruikt men dikwijls de term *data mining* voor exploratieve data-analyse. Een voorbeeld levert de marketing analist die trends en patronen in zijn database met gegevens van klanten wil ontdekken. Aan welke klanten moet ik bepaalde folders sturen met de meeste kans op succes?

Gabor-functie

Colin Ware besteedt kort aandacht aan de neurofysiologische basis van pre-attentive processing. Via het verlengde van de gezichtsenuwen van het netvlies, waarop het gezichtsveld is afgebeeld door de ooglenzen, komen afzonderlijke beeldjes in gecodeerde vorm in de hersenschors. Daar bevindt zich, simpel voorgesteld, een tweedimensionale verzameling van filters die verschillen

in hun gevoeligheid voor oriëntatie, afmeting en eventuele stereoscopische diepte, beweging e.d. van het corresponderende onderdeelje van het gezichtsveld.

Een eenvoudig wiskundig model voor een filter is de tweedimensionale Gabor-functie¹¹, die bestaat uit het product van een sinusgolf, met onder meer een variabele oriëntatie, en een Gauss-functie, zie figuur 7. Vervolgens worden de filters 'doorgerekend' in een snel, massief parallel proces.

De snelle herkenning van afwijkende tekens in figuur 6 hangt samen met eigenschappen van de Gabor-functie. Daarmee kan men tevens begrijpen, hoe het visuele systeem de zichtbare wereld opdeelt in gebieden met een bepaalde oppervlaktestructuur (textuur). Dat gebeurt bijvoorbeeld als we de vegetatiesoorten van de aarde onderzoeken op satellietfoto's. Omgekeerd kan men de Gabor-functie ook gebruiken om verschillende texturen te genereren, die door het visuele systeem goed worden onderscheiden.

Computer vision

Bij *computer vision* is *edge detection*, het herkennen van randen, een belangrijke operatie. Computer vision wordt gebruikt voor gezichtsherkenning, de herkenning van personen op basis van de patronen op de iris, bewegingsanalyse, beeldcompressie, het opzoeken van een plaatje in een database. Computer vision is mede gebaseerd op dezelfde kennis als optimale informatievevisualisatie. Bij de ontwikkeling van edge detection-algoritmen is de natuur een rijke bron van inspiratie.

Dit geldt in hoge mate voor het onderzoek dat wordt gedaan door Nicolai Petkov¹², hoogleraar Informatica aan de RUG, en zijn groep Intelligent Systems¹³. Hierin worden computermodellen, veelal gebaseerd op de Gabor-functie,

ontwikkeld, waarmee het mogelijk is te voorspellen hoe het menselijke visuele systeem zal reageren op een bepaalde visuele stimulus. Een recent voorbeeld is een stimulus die sterk lijkt op het plaatje 'Orientation'¹⁴ in figuur 6.

Van visualisatie naar perceptualisatie

Uiteraard speelt het voorgaande ook een rol in het onderzoek van de groep van Jos Roerdink, de onlangs benoemde hoogleraar Wetenschappelijke Visualisatie en Computergrafiek¹⁵. In zijn inaugurale rede¹⁶ merkt Roerdink na een beschouwing van functionele MRI, waarbij hersenprocessen worden onderzocht, op: "Vanuit de visualisatie gezien, is het fascinerende van het hersenonderzoek dat het ons in een kringloop plaatst. Enerzijds is visualisatie een krachtig hulpmiddel om resultaten van dit onderzoek te interpreteren. Anderzijds vereist goede visualisatie dat we beter begrijpen hoe de menselijke zintuigen en hersenen functioneren."

Verderop spreekt Roerdink de verwachting uit dat visualisatie zich in de nabije toekomst zal ontwikkelen tot *perceptualisatie*, waarbij behalve het oog ook onze andere zintuigen worden toegepast om verbanden in gegevens op te sporen.



noten

10 De woorden *bit*, *byte* en *software* zijn bedacht door Tukey.

11 2-D Gabor function, www.cs.rug.nl/~imaging/simplecell.html

12 Home page Nicolai Petkov, www.cs.rug.nl/~petkov/petkov.html

13 Intelligent Systems, www.rug.nl/informatica/onderzoek/programmas/hpci/

14 N. Petkov, M.A. Westenberg, Suppression of contour perception by band-limited noise and its relation to nonclassical receptive field inhibition, *Biological Cybernetics*, 2003, www.cs.rug.nl/~petkov/publications/2003bc.pdf

15 Visualization and Computer Graphics, www.rug.nl/informatica/onderzoek/programmas/svcg/

16 J.B.T.M. Roerdink, Met het Oog op Inzicht – Visualisatie als Kringloopproces, april 2004.