

University of Groningen

Computational models of texture processing neurons

Kruizinga, Peter

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1999

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kruizinga, P. (1999). *Computational models of texture processing neurons*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Mensen en dieren hebben via hun zintuigen contact met de wereld om hen heen. Via de ogen bijvoorbeeld, komt een grote stroom informatie binnen, waarvan de verwerking merendeels plaats vindt in de hersenen. Het verwerken van visuele informatie gebeurt in verschillende stadia. Om bijvoorbeeld uiteindelijk te kunnen komen tot het herkennen van iemand's gezicht wordt in een eerder stadium de meer basale beeldopbouw geanalyseerd. Te denken valt dan aan het detecteren van contouren of het identificeren van vlakken in het beeld die één geheel vormen. Dat kunnen egale vlakken zijn of vlakken met een bepaalde textuur (zie Figuur 1.1 voor een aantal voorbeelden van textuur). In dit proefschrift gaat het met name om verwerking van textuur in het visuele systeem van mens en dier.

Recentelijk zijn in de wetenschappelijke literatuur een aantal neuronen beschreven die specifiek textuur verwerken. In de betreffende artikelen worden de resultaten gepresenteerd van een aantal neurofysiologische experimenten. Bij zo'n neurofysiologisch experiment wordt bij een proefdier, meestal een kat of een aap, de activiteit van een bepaald neuron gemeten, terwijl het dier naar een eenvoudig visueel patroon kijkt (ook wel de stimulus genoemd). Door het effect te bestuderen van verschillende stimuli op de gemeten activiteit, kan een beeld verkregen worden van de functie van het neuron in het totale proces van informatie-verwerking.

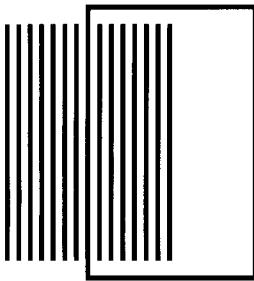
Nu heeft deze neurofysiologische methode zijn beperkingen. Meestal wordt de activiteit van slechts één neuron tegelijk gemeten. Verder is deze methode alleen geschikt voor het meten van activiteit van neuronen die geactiveerd worden door een relatief simpele stimulus. Als het gedrag van de neuronen complexer is dan wordt het al snel te moeilijk om de optimale stimulus voor het betreffende neuron te vinden. In dit proefschrift worden daarom wiskundige modellen geïntroduceerd van een aantal neuronen die visuele informatie verwerken. Het voordeel van zo'n model is, dat men de respons van een neuron kan berekenen voor een gegeven stimulus. Op deze manier kunnen ook meerdere neuronen tegelijk worden gesimuleerd, zodat beter inzicht kan worden verkregen in de functie van de neuronen.

In hoofdstuk 3 wordt een textuur-verwerkend neuron besproken dat gespecialiseerd is in het detecteren van periodieke patronen, zoals een strepen-patroon. Vandaar dat deze neuronen *grating cells* genoemd worden. Dit type neuron komt voor in de primaire visuele cortex, een gedeelte van de hersenen waar ook andere typen neuronen voorkomen zoals bijvoorbeeld de *'simple cells'*. Het merendeel van de neuronen in de primaire visuele cortex is selectief voor de oriëntatie van de stimulus. Dit geldt in sterke

mate ook voor de *grating cells*. Opvallend is echter dat *grating cells*, in tegenstelling tot de *simple cells*, niet reageren op een stimulus bestaande uit één lijn. *Grating cells* beginnen pas te reageren als de stimulus bestaat uit drie of meer strepen naast elkaar die dezelfde oriëntatie hebben. Naast selectiviteit voor de oriëntatie van het strepen patroon zijn de *grating cells* ook selectief voor de breedte van de strepen, oftewel de periode van het patroon. Verder is de reactie van de *grating cells* onafhankelijk van het contrast van de stimulus.

In dit proefschrift wordt een model voorgesteld voor de *grating cells* dat in staat is om de eigenschappen van deze cellen te verklaren, die met behulp van neurofysiologisch onderzoek zijn ontdekt. Dit model gaat uit van de hypothese dat *grating cells* signalen ontvangen van de *simple cells*. Door deze signalen te combineren wordt een model verkregen dat verklaart waarom *grating cells* alleen reageren op een patroon van drie of meer strepen en niet op één enkele streep. Door het simuleren van een groot aantal neuronen tegelijk is het mogelijk om de rol te onderzoeken die deze neuronen spelen in het complexe gebeuren van visuele informatie verwerking. Dergelijke simulaties onderbouwen het vermoeden van neurofysiologen, dat *grating cells* in staat zijn om geïntegreerde textuur te detecteren.

Neurofysiologen vonden naast *grating cells* ook neuronen die het tegenovergestelde gedrag vertonen: deze neuronen (*bar cells* genaamd) reageren op een streep met een bepaalde breedte en met een bepaalde oriëntatie, tenzij de streep deel uit maakt van een



patroon van strepen. Ook voor dit type neuron wordt in dit proefschrift een model voorgesteld. In het model neemt een *bar cell* de respons over van een simple cell tenzij op dezelfde plaats in het visuele veld ook een *grating cell* geactiveerd is. Met dit eenvoudige model kunnen niet alleen de neurofysiologische gegevens worden verklaard, maar ook de uitkomst van een aantal psychofysische experimenten. De figuur hiernaast (oorspronkelijk bedacht door Kanizsa) is een voorbeeld van zo'n experiment. Een deel van de rechthoek valt weg omdat het ook deel uitmaakt van het strepen patroon. De *bar cells* reageren op de rechthoek, terwijl de *grating cells* op het strepen patroon reageren.

Op de plaats waar het strepen patroon en de rechthoek samenvallen, worden de *bar cells* onderdrukt door de *grating cells*.

Een andere onderzoeksvraag waarop in het proefschrift wordt ingegaan ligt op het gebied van de beeldverwerking. In dit onderzoeksgebied van de informatica wordt al meer dan 25 jaar onderzoek gedaan naar het verwerken van textuur met computers. Gedacht moet dan worden aan het identificeren van een bepaalde textuur, of het onderscheiden van verschillende texturen in een beeld. Als resultaat van dit onderzoek zijn in de loop der jaren een aantal methoden ontwikkeld voor textuur-classificatie en -segmentatie. Deze textuur-analyse methoden werken allemaal volgens hetzelfde principe. Eerst wordt de omgeving van elk beeldpunt gekarakteriseerd door een aantal getallen (de *features*). Vervolgens worden de texturen in het beeld geïdentificeerd of

gescheiden op basis van deze *features*. Het grootste verschil in de methoden ligt in de eerste stap: het uitrekenen van de *features*.

De vraag die nu bovenkomt is de volgende: kan de respons van de *grating cells* (zoals die berekend kan worden met het voorgestelde model) als basis worden gebruikt voor een textuur-segmentatie methode? En zo ja, hoe verhouden de resultaten van de nieuwe methode zich dan tot die van al bestaande methoden uit de beeldbewerking. Deze vraag wordt beantwoord in hoofdstuk 4 van het proefschrift, waarin voor de karakterisering van de omgeving van een beeldpunt de respons gebruikt wordt van een aantal *grating cells* met verschillende parameter waarden (d.w.z. selectief voor verschillende oriëntaties en verschillende periodes van het patroon). Vervolgens wordt de textuur in elk beeldpunt geïdentificeerd op basis van deze *grating cells features*. Dit laatste gebeurt met behulp van een clustering-algoritme.

Door middel van een aantal segmentatie experimenten kan nu beoordeeld worden hoe goed deze nieuwe textuur-segmentatie methode werkt. Hiertoe wordt kunstmatig een beeld samengesteld dat bestaat uit verschillende texturen (in dit geval georiënteerde texturen omdat de *grating cells* voornamelijk op dit type textuur reageren). Omdat precies bekend is welke textuur waar aanwezig is in het beeld, kan de kwaliteit van de segmentatie-methode worden geëvalueerd. De resultaten die met de nieuwe segmentatie-methode zijn geboekt tonen aan dat het *grating cell*-model gebruikt kan worden als een beeldverwerkingsoperator om textuur *features* te berekenen en dus dat de respons van de *grating cells* heel goed de onderliggende (georiënteerde) textuur karakteriseert.

Er kleeft echter een nadeel aan deze methode van vergelijken. Het doel van de vergelijking is namelijk om de kwaliteit te toetsen van de berekende *features* alleen, terwijl deze methode de kwaliteit bepaalt van de berekende *features* in combinatie met het segmentatie algoritme. Om die reden wordt in het proefschrift een andere vergelijkingsmethode voorgesteld, die vooral kijkt naar de onderscheidbaarheid van de clusters van *feature*-vectoren die berekend worden met behulp van een textuur operator. Deze methode vergelijkt de afstand tussen de twee clusters relatief ten opzichte van de cluster-grootte. Dit gebeurt door de *feature*-vectoren te projecteren op een lijn, op een zodanige manier dat de afstand tussen de cluster-middens, relatief ten opzichte van de cluster-grootte, gemaximaliseerd wordt.

Een ander type textuur-verwerkend neuron dat in het proefschrift beschreven wordt, reageert voornamelijk op stippelpatronen. In hoofdstuk 5 worden de neurofysiologische gegevens die bekend zijn over deze *blob-texture cells* beschreven. Ook voor dit type neuron wordt een model voorgesteld, vergelijkbaar met dat van de *grating cells*. Met het model kunnen een aantal neurofysiologische experimenten verklaard worden. Simulaties met dit model tonen aan dat ook dit type neuron in staat is om een bepaald soort textuur te detecteren.

Ook voor dit neuron is onderzocht in hoeverre stippelpatroon-texturen gekarakteriseerd kunnen worden op basis van de respons van neuronen. Hiertoe werd de methode gebruikt die in hoofdstuk 4 werd geïntroduceerd. Opnieuw blijkt dat de beeldverwerkingsoperator die gebaseerd is op het model, bruikbare textuur-*features* kan berekenen.