

# An in-depth vision on perception neural mechanisms of shading and motion object cue processing

Citation for published version (APA):

Gräwe, B. (2013). *An in-depth vision on perception neural mechanisms of shading and motion object cue processing*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20130618bg>

## Document status and date:

Published: 01/01/2013

## DOI:

[10.26481/dis.20130618bg](https://doi.org/10.26481/dis.20130618bg)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## English summary

Our visual system enables us to perceive the world in 3D by using a number of monocular (shading, texture and motion) as well as binocular visual depth cues (disparity). The body of work presented in this thesis focused on the recovery of 3D structure from shading and motion visual image cues as well as their underlying neural mechanisms in human observers. Specifically, we addressed 4 main research questions pertaining to 1) curvature estimation from single as well as combined shading and motion visual cues, 2) the neural mechanisms underlying curvature estimation from single- and combined shading and motion cues, 3) the applicability of ERP amplitude measurements as a method for deriving high-level object-specificity from shading- and motion-defined objects and 4) the specific deficits in perceiving 3D motion-defined objects in mild cognitive impairment (MCI) patients.

**Chapter 1** was motivated by the question of how low level 3D curvature properties of simple objects are perceived when defined by either single shading, single motion or by combined shading and motion visual image cues. We probed curvature estimation using a psychophysical curvature judgment task, comprising two single cue conditions and two combined cue conditions, in which shading and motion cues were either consistently or inconsistently combined. Psychophysical results revealed that contrary to the prediction of Maximum Likelihood Estimation (MLE), shading and motion cues did not combine in a statistically optimal fashion. Instead, reliability of curvature judgments in combined compared to single cue conditions was *reduced*, suggesting a form of suppressive competition between these specific cues. Together with the large dominance of the shading over the motion cue in the consistent combined condition which could not be explained by differences in single cue reliabilities, our data suggest that MLE is not applicable to any arbitrary choice of cue pairs. Instead, several ecological factors, the role of experience and prior knowledge about the world may put constraints on cue integration, determining which cues do and which do not integrate.

In a follow-up study we intended to extend the findings presented in Chapter 1 and continued the investigation of shading and motion cue combination by employing a curvature discrimination task coupled with event-related fMRI (**Chapter 2**). While the psychophysical results in this study supported the previous findings from Chapter 1, showing a lack of cooperative integration and instead a weighted averaging of shading and motion cues in combined conditions, their underlying neural correlates were difficult to interpret. The lack of a parametric relationship between stimulus curvature (defined by either single or combined cues) and fMRI signal in the group average, suggests that curvature-related information may not be represented by spatial averaging of neuronal populations but rather by multivariate patterns of BOLD signals. Although in the present analysis we found that fMRI-based curvature sensitivity in combined cue conditions could be predicted from a combination of fMRI-based curvature sensitivities in single cue conditions in a right IPS region, the implication of these findings concerning low-level curvature coding and shading-motion cue combination are difficult to understand at present and deserve further analysis/investigation.

While in chapter 1 and 2 we studied low-level curvature properties in relatively simple 3D shapes, the work presented in chapter 3 and 4 concerns the study of high-level object vision. With a large body of literature claiming a direct link between categorical perception and the amplitude of ERP components - the most famous example being the face-specific N170 component - we addressed in **Chapter 3** the *cue invariance* of 'object specific' ERPs. By using 3D structure-from-motion (SFM)- and luminance-defined face stimuli, we found that the ERP amplitude elicited by both static faces (N170) as well as by SFM faces (N250) was not cue invariant and instead highly dependent on visual stimulus features within the cue

dimension. This implies an “inverse problem” for category specificity and suggests that the amplitude of ERP components may not provide a robust measure of object perception.

Thanks to advancements in the knowledge of normal perceptual processing, we may also begin to better understand perceptual losses due to ageing, disease or brain damage. In **Chapter 4** we focused on high-level object vision in Mild Cognitive Impairment (MCI) patients, a medical condition that shows a high risk for conversion to Alzheimer’s disease (AD). To reveal subtle differences between normal and pathological visual functioning, we used complex SFM-defined object stimuli which provide a valuable tool to study integrative function and dorsal-ventral cross talk. We observed aberrant patterns of face-related processing in the face-sensitive temporal lobe regions FFA/OFA of MCI patients that may be related to an overrepresentation of low-level features. Interestingly, based on their activation in FFA/OFA during our SFM paradigm, participants could be classified as members of the MCI or the age-matched control group with 88.2 % accuracy. Moreover, we found increased activation in MCI compared to healthy elderly control participants in the superior temporal lobe and several subcortical regions that have previously been shown to be involved in dorsal-ventral integration. These results suggest that ventral stream information, in addition to dorsal-stream deficits, is relevant in describing the specific deficits in MCI. Furthermore we concluded that task-related fMRI may hold promise as a valuable functional biomarker, e.g., for pharmacological treatment effects at an early stage of AD.

Overall, the work included in this dissertation contributes to the understanding of low- and high-level 3D vision from different visual depth cues, the use of ERP peak amplitudes for investigating high-level object vision and the specific visual deficits related to 3D vision in MCI patients. Intricate interactions between ventral and dorsal processing pathways (or restrictions thereof), in both lower- and higher-order visual areas likely play a significant role in explaining the present findings and should be addressed by integrating various fields of research in the future.

## Samenvatting

Ons visuele systeem stelt ons in staat de wereld in drie dimensies (3D) waar te nemen, door gebruik te maken van een aantal monoculaire (schaduw, textuur en beweging) evenals binoculaire diepte cues (dispariteit). Het onderzoek in deze thesis focust op hoe mensen 3D structuur afleiden uit visuele cues zoals schaduw en beweging en uit de kenmerken van de onderliggende neurale mechanismes.

We behandelen 4 belangrijke onderzoeksvragen namelijk 1) de schatting van curvatuur uit één enkele -of gecombineerde schaduw en visuele beweging prikkels, 2) de neurale mechanismes onderliggend aan inschatting van curvatuur uit één enkele of uit gecombineerde schaduw- en visuele beweging prikkels, 3) de toepasbaarheid van EEG als een methode voor het afleiden van hogere orde objectspecificiteit aan de hand van door schaduw en beweging gedefinieerde objecten en 4) de specifieke tekortkomingen in de waarneming van drie dimensionale –door beweging gedefinieerde- objecten bij patiënten met mild cognitive impairment (MCI).

**Hoofdstuk 1** is ontstaan naar aanleiding van de vraag over hoe lagere orde 3D curvatuureigenschappen van eenvoudige objecten worden waargenomen wanneer deze worden gedefinieerd door ofwel enkel schaduw, enkel beweging of een combinatie van schaduw en bewegingcues.

Wij onderzochten de inschatting van curvatuur door middel van een psychofysische taak waarbij proefpersonen de mate van curvatuur in moesten schatten. Schaduw en beweging cues werden in de experimentele condities zowel op consistente wijze als inconsistente wijze gecombineerd. De resultaten uit dit experiment lieten zien dat in tegenstelling tot de voorspellingen van 'Maximum Likelihood Estimation' (MLE), schaduw en beweging cues niet combineerbaar waren in een statistisch optimale wijze. In tegenstelling, de betrouwbaarheid van de inschatting van de mate van curvatuur werd *verlaagd* door de combinatie van cues in vergelijking met zelfstandige cues. Dit duidt op een mogelijke competitie tussen deze specifieke cues. Dit samen met de grote dominantie van de schaduwcue, in vergelijking met de bewegingscue, in de 'consistent gecombineerde' conditie (welk niet verklaard kan worden door verschillen in de betrouwbaarheid van de zelfstandige cues) suggereert dat MLE niet van toepassing is op een willekeurige combinatie van cue soorten. Het lijkt erop dat ecologische factoren, de rol van ervaring en voorkennis, de mate van cue integratie beperkt en zo bepaalt welke cues wel en welke cues niet te integreren zijn.

In een vervolgstudie wilden we verder borduren op de bevindingen uit Hoofdstuk 1 en vervolgden het onderzoek van schaduw -en bewegingscue combinatie door middel van een fMRI studie waarin proefpersonen een kromming discriminatie taak uitvoerden (**Hoofdstuk 2**).

De psychofysische resultaten bevestigden de eerdere bevindingen uit Hoofdstuk 1, namelijk het uitblijven van coöperatieve integratie maar een resulterend gewogen gemiddelde van schaduw en beweging cues in de 'gecombineerde' condities. De resultaten bemoeilijken de interpretatie van onderliggende neurale mechanismen. Het ontbreken van een parametrische relatie tussen de curvatuur van de stimulus (gedefinieerd door ofwel zelfstandige ofwel een combinatie van cues) en de grootte van het fMRI signaal suggereert dat kromming gerelateerde informatie wellicht niet optimaal wordt gerepresenteerd in het ruimtelijk middelen van de respons van neurale populaties maar wellicht beter zichtbaar is in multivariate patronen van BOLD activatie. Alhoewel we in de huidige analyse van het rechter IPS gebied vonden dat de sensitiviteit van fMRI voor curvatuur bij stimuli met gecombineerde cues voorspeld kon worden uit de sensitiviteit van fMRI voor curvatuur bij stimuli met enkelvoudige cues. De implicatie hiervan met betrekking tot lagere orde

curvatuur codering en schaduw-beweging cue combinatie is op dit moment nog moeilijk te interpreteren en vereist verdere analyse en verder onderzoek.

Waar we in hoofdstuk 1 en 2 lagere orde curvatuur eigenschappen bestudeerden in relatief eenvoudige 3D vormen, bestuderen we in hoofdstuk 3 en 4 de hogere orde object waarneming. Aangezien een groot deel van de literatuur duidt op een directe link tussen categorische perceptie en ERP componenten – het meest bekende voorbeeld is het gezicht-specifieke N170 component - bestudeerden we in **Hoofdstuk 3** het fenomeen ‘cue-invariance’ van ‘objectspecifieke’ ERP’s. Gebruik makend van 3D structure-from-motion (SFM) -en luminantie gedefinieerde gezicht stimuli, vonden we dat de amplitude van het ERP signaal, opgewekt door statische gezichten (N170) alsmede door SFM gezichten (N250), niet cue invariant maar juist sterk afhankelijk was van visuele stimulus eigenschappen binnen de cue dimensie. Dit impliceert een inversieprobleem voor categorische specificiteit en suggereert dat de amplitude van ERP componenten wellicht niet de meest robuuste maat is voor object perceptie.

Dankzij grote vooruitgang in de kennis over gezonde perceptuele verwerking kunnen we wellicht een begin maken met het beter begrijpen van perceptuele problemen veroorzaakt door veroudering, ziekte of hersenbeschadiging. In **Hoofdstuk 4** concentreerden we ons op hogere orde object waarneming in Mild Cognitive Impairment (MCI) patiënten, een medische aandoening waarbij patiënten een verhoogd risico lopen op het ontwikkelen van de ziekte van Alzheimer. Om de subtiele verschillen tussen gezond en pathologisch visueel functioneren te onthullen, maakten we gebruik van complexe SFM-gedefinieerde objectstimuli welke uitermate geschikt zijn voor het bestuderen van het vermogen tot integreren en dorsaal-ventrale intercommunicatie. De resultaten wezen op abnormale patronen van gezicht gerelateerde verwerking bij MCI patiënten in de temporale hersengebieden die bekend staan om hun gevoeligheid voor gezichten FFA/OFA. Deze abnormale patronen zijn wellicht gerelateerd aan een over-representatie van lagere orde eigenschappen van de stimuli. Interessant genoeg maakt dit patroon van activatie in FFA/OFA tijdens het SFM paradigma het mogelijk om proefpersonen met 88.2% nauwkeurigheid te classificeren als MCI patiënt of lid van de controlegroep (gezonde ouderen). Voorts vonden we een verhoogde activatie bij MCI patiënten, in vergelijking met de controlegroep, in de superieure temporaal kwab en een aantal subcorticale gebieden waarvan eerder is aangetoond dat deze zijn betrokken bij de dorsaal-ventrale integratie. Deze resultaten suggereren dat het patroon van informatie binnen de ventrale stroom, samen met dorsale stroom gebreken, een belangrijk deel uitmaakt van MCI gerelateerde symptomen. Wij concludeerden dat taak gerelateerde fMRI veelbelovend kan zijn als een vorm van ‘bio-marker’ tijdens het vroege stadium van de ziekte van Alzheimer.

Het werk beschreven in deze dissertatie draagt bij aan het begrip van lagere -en hogere orde 3D waarneming aan de hand van verschillende visuele diepte cues alsook aan het gebruik van ERP piek amplitudes voor het onderzoeken van high-level object waarneming en de specifieke visuele gebreken gerelateerd aan 3D visuele waarneming bij MCI patiënten. Complexe interacties tussen ventraal en dorsale verwerkingspaden (of de beperktheid daarvan), in zowel de lagere -alsmede de hogere visuele gebieden, zullen hoogstwaarschijnlijk een belangrijke rol spelen in de interpretatie van de huidige resultaten en zouden verder moeten worden geadresseerd door toekomstig multidisciplinair onderzoek.