

Stage in AI: Bewegingsdetectie

Lenneke Lucassen, vijfdejaars studente CKI aan de Universiteit Utrecht

Intelligent of

Lenneke Lucassen heeft een onderzoeksstage gedaan bij de vakgroep Functionele Neurobiologie aan de Universiteit Utrecht. In eerste instantie deed ze dit om er achter te komen of ze na haar studie verder wil in het onderzoek. Achteraf heeft ze besloten haar stage te gebruiken voor haar afstudeeronderzoek. De stage duurde in totaal 4,5 maand. Al die tijd heeft ze onderzoek gedaan naar interacties tussen bewegingsgevoelige cellen, met behulp van transparante bewegingen. Bewegingsdetectie: intelligent of slechts front-end?

Bewegingsdetectie, het waarnemen van beweging, beschouwen wij mensen al snel als intelligent. Het werkt over het algemeen feilloos in een complexe taak zoals het zonder botsingen door het drukke hedendaagse verkeer manoeuvreren. Bovendien is het voor informatici nochtans schier onmogelijk dit goed in kunstmatige systemen te implementeren. Evolutionair gezien is het echter een minder ‘intelligent’ mechanisme omdat er geen objectherkenning aan te pas hoeft te komen. Veronderstelde mechanismen voor objectherkenning houden geen stand, zoals het onthouden van een object en deze vergelijken met een object op een ander tijdstip en plaats (als het hetzelfde object is, dan heeft het bewogen, ergo: bewegingsdetectie). In werkelijkheid is het waarnemen van beweging an sich veel makkelijker dan het zien van verschillen tussen tegelijkertijd getoonde plaatjes van hetzelfde object op verschillende tijdstippen. Kijk naar onderstaande plaatjes (fig. 1) en zoek de 10 verschillen...

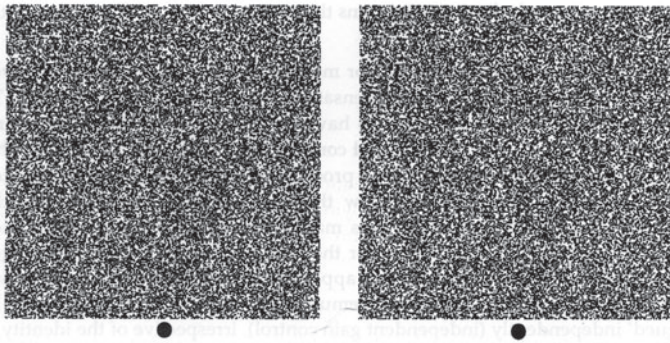


fig 1

Wat? Niet gevonden?! Troost je, deze buitengewoon moeilijke opgave blijkt kinderspel als beide beelden vlak na elkaar in tijd worden getoond. Automatisch voltrekt zich het bewustwordingsproces van het waarnemen van beweging in de puntjespatronen. CKI-ers moeten zich maar buigen over de vraag op welk niveau van bewustzijn je verkeert als je ‘goed oplet in het verkeer’, gezien het feit dat de bewegingsdetectie ook onbewust plaatsvindt. Het idee dat je als een zombie voor de TV kan hangen is niet zo vreemd meer omdat je neuronen toch automatisch reageren op bewegende puntjes. De contradictio

in terminis van de combinatie van ‘automatisch’ met ‘bewust’ vindt zijn superlatieven in het feit dat fundamenteel onderzoek naar bewegingsdetectie verricht kan worden aan buiten bewustzijn verkerende katten. Ondanks de anesthesie reageren de visuele cellen van de kat met actie-potentialen (spikes). De spikes zijn extracellulair te meten met micro-electrode’s en hoorbaar gemaakt via een versterker. Het is net

een machientje, dat bij de juiste bewegingsprikkel automatisch begint te ratelen. Het is ongelofelijk, maar waar, en wie het eenmaal gehoord heeft vergeet het nooit meer. Regelmatig kan je met een glimlach die ene goede spike-reeks horen in het schurende geluid van de tram, het sissen van de friet, de eerste minuut dat die in de olie ligt, of natuurlijk in de duizendklappers tijdens oud en nieuw.

Naar welke spikes ik op zoek ben geweest tijdens de experimenten? Naar de spikes van complexe visuele cellen als respons op twee transparant bewegende RPA’s (RPA = Random Pixel Array, zoals de puntjespatronen van fig. 1) en op één enkel bewegende RPA. De vraag van de stageopdracht is wat voor interacties er zijn tussen bewegingsdetectie-neuronen en wat de dynamiek van deze interacties is. Het antwoord is te vinden door de data van genoemde RPA-experimenten te vergelijken en te analyseren op richtingsinteracties en tijdsverloop.

Transparantie is vrij gebruikelijk in de dagelijkse waarneming, denk bijvoorbeeld aan de bewegingstransparantie die ontstaat tijdens het kijken naar een bewegend voertuig gezien vanuit een raam waarlangs regen naar beneden stroomt. Of de transparantie die ontstaat wanneer een schaduw beweegt over een achtergrond met structuur. Als slechts één bewegingsrichting tegelijk geoorloofd was, dan zou men óf bewegende regen met een stilstaand voertuig zien, óf een bewegend voertuig met stilstaande regen.

Sommige theorieën gaan er van uit dat er een soort optelsom of substractie plaatsvindt in de cel, wat zou betekenen dat bij het aanbieden van twee precies tegengestelde transparante bewegingen géén richtingsspecifieke reactie in de cel gemeten wordt maar slechts spontane activiteit. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat er weliswaar verminderde reactie is bij tegengestelde transparante beweging, maar dat er desondanks tóch reactie gemeten wordt die boven de spontane activiteit uitkomt. De bewegingen worden dus niet door de cel gesubstraheerd, maar de verschillende bewegingen tezamen resulteren in een gemiddelde reactie van de cel. De verwachting is dat het ‘optellen’

slechts front-end?

van meerdere (transparante) bewegingen niet op het niveau van één cel plaatsvindt maar dat er interacties tussen neuronen zijn om deze taak gezamenlijk uit te voeren.

Voor de leek lijkt het allemaal niet erg CKI-gerelateerd omdat er niks ‘kunstmatig’ aan is. Wij weten echter ondertussen dat onderzoek naar intelligente mechanismen an sich een belangrijk deel van CKI is (‘als je niet weet wat intelligentie is dan kun je het ook niet kunstmatig namaken’).

Als ik over cellen spreek in dit verdere artikel, dan gaat het uitsluitend over visuele cellen in Area 18 van de kat, vergelijkbaar met cellen van V1 bij de mens. Simpele cellen reageren op streepjes met een specifieke oriëntatie, dus: bewegen er streepjes in de juiste richting over het beeldscherm, dan reageren ze met een gemoduleerde spike-reeks (‘trrr, trrr, trrr, trrr’). Complexe cellen reageren op diezelfde streepjesstimulus niet-gemoduleerd bij streepjes die in de juiste richting bewegen. Aan een op deze wijze gevonden complexe cel kunnen nu de transparante stimuli aangeboden worden. Met behulp van de ‘Motion Reverse Correlatie methode’ wordt een random reeks bewegingsstapjes aangeboden, en de stimulus gecorreleerd aan de spikes (er wordt bijgehouden welke richtingscombinaties aan welke spikes vooraf gingen). We hebben meerdere experimentjes per cel uitgevoerd en zo van metingen aan 79 cellen 446 databestanden verzameld.

Bij onderstaande 3d-plots (fig. 2, 3, 4 en 5) staan de richtingscombinaties op de y-as, de tijd op de x-as en de vlekjes geven de waarschijnlijkheid weer dat die richtingscombinaties aan de spikes vooraf gingen op een tijdstip van 50 à 100 milliseconden voor de spikes.

Allereerst een plot van de meting met twee transparant bewegende RPA's in acht richtingen, dat geeft (8x8=) 64 richtingscombinaties (fig. 2). Dan een model: een plot met de voorspelling van de respons op de 64 richtingscombinaties (fig. 3). Deze voorspelling is op basis van acht afzonderlijk aangeboden richtingen (één RPA). De werkelijk gemeten waarden (fig. 2) vertonen hetzelfde patroon, behalve dat twee transparant bewegende RPA's tegelijk een zwakkere respons geven dan op basis van een enkel RPA voorspeld wordt. Voor een correct voorspellingsmodel moet het eerdere model met een bepaalde factor verzwakt worden (fig. 4). De gemeten waarden min het model geeft een egaal plaatje (fig. 5), het model voorspelt dus correct!

De verrassende conclusie is dat er geen specifieke richtingsinteracties zijn! Ook is er een model gevonden. De respons op meerdere bewegingen tegelijk is te voorspellen puur op basis van de afzonderlijke richtingen.

Wie had ooit kunnen denken dat ik zulke mooie resultaten zou vinden op iets wat nog niet eerder is onderzocht. En dat op zo'n fijne stageplek, qua locatie en qua mensen. Het lab ligt in een

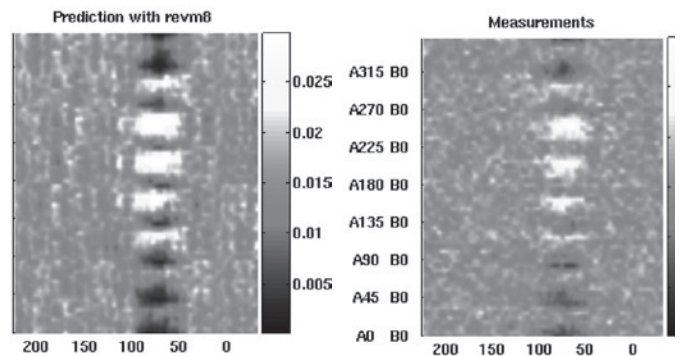


fig 2

fig 3

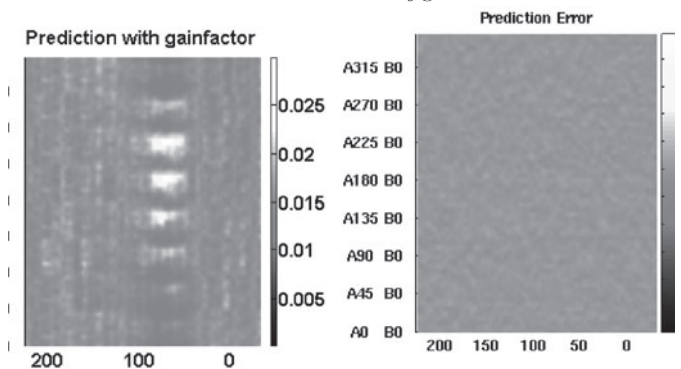


fig 4

fig 5

uithoek van de uithof, is overzichtelijk klein, en collega's zijn er om een praatje te maken, te helpen met programmeerproblemen en zelfs voor een mountainbiketochtje. Mijn begeleider Martin Lankheet is erg goed, met opereren, elektronica, achtergrondkennis, met mensen omgaan, enzovoorts, en daar leer ik veel van. Hij geeft me ook alle ruimte om dingen uit te proberen of zelf uit te zoeken.

Zo overpeins ik tijdens mijn koffiepauze: een dromerig rustmoment bij de aanblik van vredig grazende schapen op de tegenoverliggende weide, de geur van mest, het gezellige loeien van koeien uit de naastliggende stal, <subliminal> op een vorkheftruck wordt een dode koe weg getransporteerd </subliminal>, een van de paarden hinnikt vrolijk tegen de verenigingspony. Een laatste teug koffie, een laatste teug zonlicht alvorens mij weer terug te trekken in de duisternis van het lab met opfleurende 'knipperende LEDjes'. ∅