Project ExpertGaze

EYETRACKING “IN THE WILD”

OVERZICHT USE CASES

Editors: Laetitia De Leersnijder & Jelle Demanet

HIT Lab howest university of applied sciences imec-mict-ugent ISyE.be

INHOUD

DEEL 1: INLEIDING

VOORWOORD EN BEDANKING 3

INTRODUCTIE 5

AANPAK - HITLAB 11

DEEL 2: STATE-OF-THE-ART

EYETRACKING 19

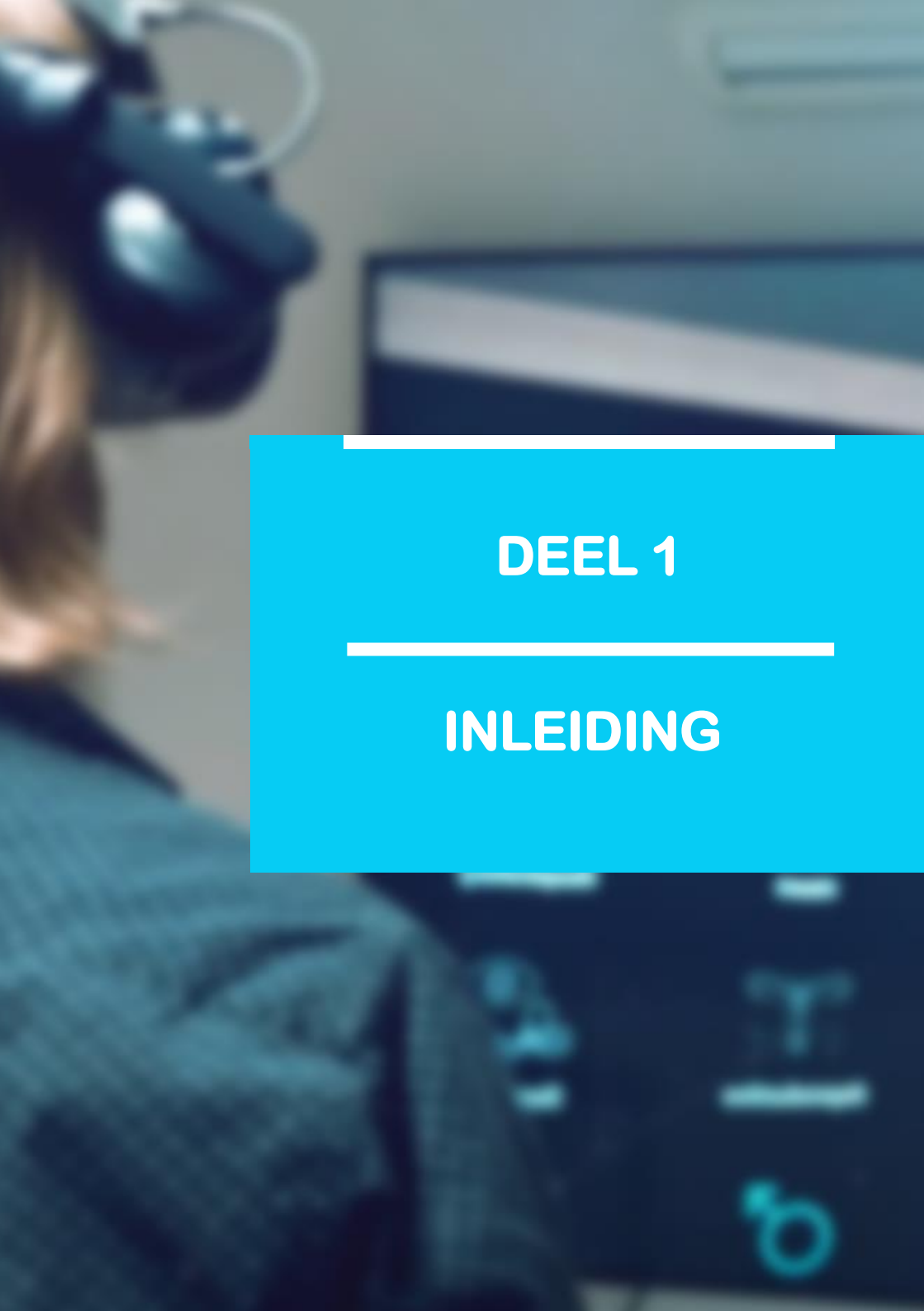
OVERZICHT BESCHIKBARE HARDWARE 25

DEEL 3: USE CASES

INTRODUCTIE 53
(1) ASSESSMENT MILITAIRE VAAREXPERTISE VIA MOBIELE EYETRACKING 55
(2) ASSESSMENTTOOL VIA MOBIELE EYE-TRACKING IN EEN MAATWERK-CONTEXT 71
(3) INSTRUCTIEOPTIMALISATIE VIA FIXED EYETRACKING IN EEN ASSEMBLAGE-CONTEXT 95
(4) INSTRUCTIEOPTIMALISATIE VIA MOBIELE EYETRACKING IN EEN ASSEMBLAGE-CONTEXT 105
(5) AR-ASSISTED ORDERPICKING 117
(6) EYETRACKING VR-PLUGIN VOOR SAFETY TRAINING 135

DEEL 4: SLOT

ALGEMENE CONCLUSIE 150
COLOFON 154



DEEL 1

INLEIDING

VOORWOORD EN BEDANKING

De eerste stappen voor het ExpertGaze project werden reeds gezet in het najaar van 2019. In deze periode zocht ik samen Geoffrey Hamon (nu Directeur Onderzoek aan Howest) hoe we interdisciplinair onderzoek konden organiseren binnen een hogeschool met zowel een focus op technologische innovatie als met een focus op de mens die uiteindelijk deze applicatie zal gebruiken. De achterliggende idee was dat je als onderzoeker en ontwikkelaar maximaal rekening moet houden met psychologische en pedagogische aspecten als je de impact van deze technologie wilt maximaliseren. Het Human Interface Technology Lab (HITlab) aan de Howest was geboren en had als doel om als onderzoeksgroep een brug te vormen tussen de technische en meer humane opleidingen en onderzoeksgroepen.

Het project ExpertGaze past perfect binnen deze filosofie en had als doel om methodes en technologieën, zoals eyetracking, die werden ontwikkeld in gecontroleerde labo omgevingen, toe te passen in de echte wereld en daar een positieve impact te verwezenlijken. Zo wordt het toepassen van eyetracking om menselijk gedrag te begrijpen onderbouwd door decennia aan wetenschappelijk onderzoek en is het nog maar recent dat er toegankelijkere, stabielere en goedkopere technologieën beschikbaar zijn om dit in de minder gecontroleerde, echte wereld toe te passen. In ExpertGaze zijn we dan ook op zoek gegaan naar concrete toepassingen van deze nieuwe technologie samen met onze partners, de Ugent onderzoeksgroepen ISYE en MICT. We kunnen wel zeggen dat we er samen zijn in geslaagd om enkele heel interessante toepassingen te ontwikkelen en te onderzoeken. Door het multidisciplinaire team dat bestond uit (game-) developers en onderzoekers konden we namelijk zelf dingen ontwikkelen die we dan konden testen op de gebruikers. R&D in zijn puurste vorm.

We mikten ook niet enkel op zoeken naar inzichten die we uit de eyetracking data konden halen over een bepaalde persoon of groep, maar we trachtten ook een stap verder te gaan en onderzochten hoe eyetracking informatie real-time kan worden gebruikt bij het ontwikkelen van (adaptieve) software.

Tot slot wil ik nog enkele mensen en organisaties bedanken. Veel dank aan het projectteam (Laetitia, Sam, Athanasia, Arthur, Cedric, Ine en Siemon), en bij uitbreiding het hele HITlab team van Howest om dit project zoveel positieve energie en kwaliteit te geven. Ook wil ik de onderzoeksgroepen ISYE en MICT van de Ugent bedanken voor de leuke en interessante samenwerking. Dit project toont andermaal aan dat Hogescholen en Universiteiten zeer complementair kunnen zijn bij het uitvoeren van onderzoek. De leden van de begeleidingsgroep wil ik bedanken want zij hebben ons op weg geholpen en ons interessante use cases aangeleverd en geholpen bij de implementatie. Ook wil ik VLAIO bedanken om ons de mogelijkheid te geven om dit project uit te voeren!

dr. Jelle Demanet

Manager HITlab Howest

INTRODUCTIE

ExpertGaze

ExpertGaze is een TETRA project dat gesubsidieerd werd vanuit het Vlaams Agentschap voor Innoveren en Ondernemen. Het doel van dergelijke projecten is de meest recente beschikbare kennis rond nieuwe technologie te transfereren naar de bedrijfswereld. Via het uitwerken van concrete use cases krijgen bedrijven zo een beter inzicht wat betreft de mogelijkheden, zodat innovatieprocessen kunnen worden versneld.

Motivatie en doelstelling van het project

Het project ExpertGaze werd geschreven vanuit de vaststelling dat er een groeiende kloof aanwezig is tussen de competenties die verwacht worden op de arbeidsmarkt en competenties aanwezig bij (potentiële) werknemers. Vergrijzing, jobrotatie en een steeds sneller wijzigende taakinhoud verhinderen de borg en transfer van kennis. Hierdoor wordt de nood aan efficiëntere manieren om opleidingen & on-the-job ondersteuning te ontwikkelen, evalueren en aan te bieden steeds groter.

In het project ExpertGaze hebben we onderzocht hoe het meten van visuele aandacht op basis van oogbewegingen tijdens het uitvoeren van taken een meerwaarde kan bieden bij het opbouwen van competenties en het ondersteunen van mensen tijdens het uitoefenen van hun job. Er werd onderzocht hoe metingen van visuele aandacht van experten een bijdrage konden leveren bij het opleiden en begeleiden van niet-experten, aangezien het voor experten namelijk niet altijd een evidentie is om hun kennis door te geven. Door hun job soms maanden of jarenlang uit te oefenen raakt een groot deel daarvan geautomatiseerd, waardoor de expert zich hierdoor niet altijd meer bewust is van zijn/haar opgebouwde kennis en deze dus ook niet expliciet kan doorgeven. Technologieën zoals eyetracking laten in tegenstelling tot veel traditionele methoden echter toe om impliciete kennis te gaan bepalen. Op die manier kunnen ze fungeren als een objectievere manier voor het beoordelen en doorgeven van aan/afwezige expertise. Zo is bijvoorbeeld al aangetoond dat het sturen van aandacht bij niet-experten op basis van aandachtspatronen van experten prestaties op het uitvoeren van complexe taken kan verbeteren.

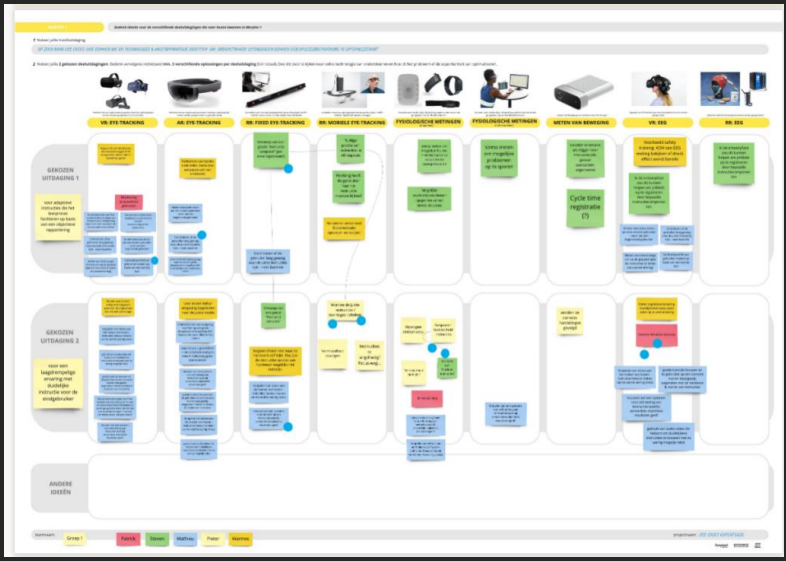
Met ExpertGaze was het de bedoeling om op basis van deze en andere opgebouwde kennis rond visuele aandacht en het meten ervan, use cases uit te werken waarin met behulp van eyetracking concrete uitdagingen bij bedrijven en werkveldpartners worden aangepakt. Door een momentum in de evolutie en het recent toegankelijker worden van meetapparatuur werd het steeds duidelijker dat er veel potentieel is en dat het inzetten van deze meetapparatuur kan bijdragen aan een oplossing voor verschillende uitdagingen gelinkt aan het beter ondersteunen en opleiden van werknemers.

Doelgroep van het project

De algemene doelgroep van ExpertGaze betrof Vlaamse bedrijven en non-profitorganisaties. Specifieker werden twee types bedrijven nauwer betrokken in het project. Enerzijds betrof het een groep bedrijven actief aan de aanbodzijde met een traditie in de gamingsector die actief bezig zijn met het ontwikkelen van trainingen en applicaties. Met ExpertGaze was het de bedoeling om deze bedrijven zowel inhoudelijk als technisch te ondersteunen om hun producten en diensten te innoveren. Hiernaast werden ook bedrijven betrokken vanuit de vraagzijde, waar het toepassen van eyetrackingtechnologie op de werkvloer een meerwaarde zou kunnen bieden. Via dit project wilden we deze bedrijven de kans geven om actief aan de slag te gaan met deze technologie en mee te helpen bij de articulatie van hun vragen hierover. Daarnaast wilden we ook deze bedrijven helpen bij het vinden van nodige partners waar nodig. De einddoelgroep bestaat uit alle Vlaamse bedrijven met een interesse voor innovatie met behulp van nieuwe technologieën. Via dissiminatiepartners kunnen we deze opgedane kennis verder gaan verspreiden naar de bedrijven zodat ook de bedrijven die initieel niet betrokken waren, geïnspireerd kunnen worden.

Evolutie van het project

In het project ExpertGaze was het in een eerste fase de bedoeling om eyetrackingtechnologie te gaan verkennen via het uitvoeren van een state-of-the art en korte bedrijfsbezoeken waarbij de beschikbare hardware in verschillende contexten al eens werd uitgetest. Hierna werd tijdens één van de contactmomenten een algemene brainstorm georganiseerd om enkele use cases vast te leggen, gebaseerd op de problemen en mogelijke oplossingen die de aanwezige bedrijven uit de begeleidingsgroep formuleerden tijdens deze brainstorm. Omwille van de toen geldende COVID maatregelen werd deze brainstrom volledig online georganiseerd.



Afbeelding 1. Output van één van de brainstormsessies waarin technologieën gecombineerd werden met bestaande problemen binnen de huidige bedrijfscontext en/of werking.

Afbeelding 2

Als resultaat van deze brainstorm werden enkele use cases naar voren geschoven en nieuwe bedrijfsbezoeken ingepland. Hiernaast werden tijdens de uitwerking van de use cases ook workshops georganiseerd rond verschillende thema's (eyetracking, instructieoptimalisatie,…) en werd relevante informatie over het project ook doorgespeeld via verschillende onderwijskanalen (gastlessen) en naar het grotere publiek door deelname aan verschillende events. In dit naslagwerk zullen de uitgevoerde use cases worden beschreven. Na afloop van het project wordt deze opgedane kennis verder verspreid en zal deze ook ter beschikking worden gesteld van de bedrijven die niet deelnamen aan ExpertGaze en aan het bredere werkveld.

Behaalde KPIs

11 workshops

- Eyetracking
  Howest, Ministerie Openbare werken, Arcelor Mittal, Poppr, Arkite, Ugent, …
- Instructieoptimalisatie (ism Sirris)

1 hackathon

- Hackaton rond operatorondersteuning via nieuwe technologie (ism Flanders Make)

> 600 studenten bereikt

- 9 gradworks/stages/bachelorproeven
- Lessen experimentele psychologie (Ugent) & MCT, Devine, IPO, DAE, ERGO, digital research methods aan communicatie-wetenschappen, bedrijfsmanagement

16 Bedrijfsbezoeken

- Vandewiele, Supportsquare, Buseloc, Waak, Open Atelier, Senzer, Arcelor, Mittal, CNH, Belgische Marine, Koninklijke Militaire school, …

17 Events

- XR-academy, West4work, Vlootdagen en technologieweekend Marine, Dag van de Wetenschap, Technoboost, …

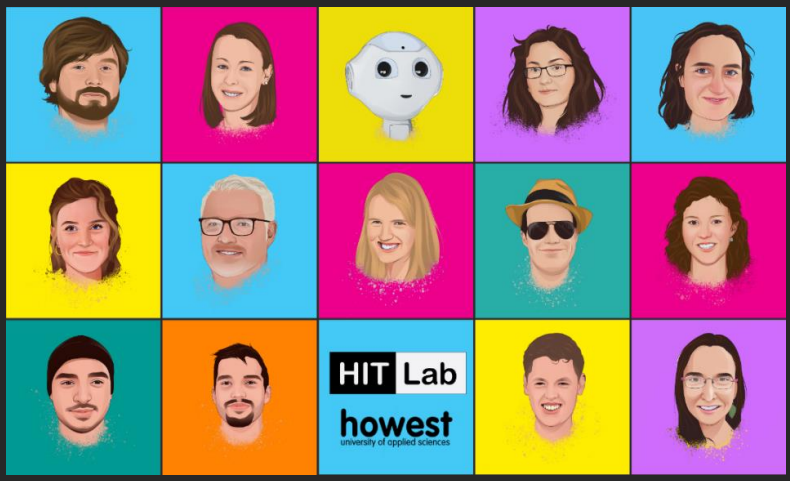
30 stuurgroep members

- 16 bedrijven
- 14 overheidsbedrijven/koepel- en netwerkorganisaties

MULTIDISCIPLINAIRE AANPAK - HITLAB

Het ExpertGaze project werd uitgevoerd door het **Human Interface Technology Lab** van de Hogeschool West-Vlaanderen, in samenwerking met MICT en het ISYE lab van de Universiteit Gent. Het Human Interface Technology Lab is een onderzoeksfaciliteit die zich richt op de ontwikkeling en evaluatie van technologieën die de interactie tussen mensen en computers verbeteren via het inzetten van meetapparatuur die kan gebruikt worden om mental states in kaart te brengen. In het HITLab worden verschillende topics behandeld en onderzocht gaande van het meten van gedrags en (neuro-)fysiologische responsen tot de ontwikkeling van adaptieve en immersieve applicaties die gelinkt zijn aan de mental state van de gebruiker. Dit onderzoek gebeurt in verschillende sectoren, gaande van ergotherapie, over onderwijs, architectuur en design tot industrie 4.0.

HITLab ondersteunt eveneens onderzoekers van verschillende opleidingen bij het gebruiken van de beste methode en technologie in een bepaalde context. Hiervoor is er zowel state-of-the-art apparatuur beschikbaar van medische kwaliteit die in een laboratorium kan gebruikt worden, als apparatuur die goedkoper en toegankelijker kan worden ingezet in een real-life setting zoals mobiele eyetrackers en wearables. Hiernaast beschikt het labo ook over de meest recente XR-hardware.



HITLab werkt via een interdisciplinaire aanpak en bestaat uit een team van zowel technologie-experten (developers) als psychologen, pedagogen en ergotherapeuten. Op die manier leunen de te ontwikkelen oplossingen dichter aan bij de sectorspecifieke realiteit en zijn deze ook relevant en toepasbaar buiten het labo.

Interesse in andere lopende projecten of het lanceren van een nieuwe samenwerking? Bezoek alvast onze website via www.hitlab.be of de website van onze partners imec-mict-ugent www.mict.be en isye www.isye.be.

Hier alvast een greep uit onze lopende projecten die het meest aanleunen bij ExpertGaze:

Experience Twin - TETRA project

IMEC-MICT-UGENT & HITlab-Howest

De afgelopen jaren zijn nieuwe methoden, instrumenten en software onderzocht en ontwikkeld om het testen en trainen in XR te vergemakkelijken en verder te automatiseren. In dit project zullen we verder kijken hoe deze gebruikerservaringen ook door bedrijven eenvoudig en met voldoende toegevoegde waarde kunnen worden toegepast.

Meer specifiek zullen we onderzoeken welke state-of-the-art tools beschikbaar zijn om interactieve en digitale twins te creëren, en hoe bedrijven deze kunnen integreren in hun bestaande workflows. Last but not least onderzoeken we hoe het geobserveerde gedrag tijdens deze ervaringen (inclusief psychofysiologische gegevens) kan worden vertaald in concrete ISO-normen, en hoe uitgebreide rapporten met inzichten in de gebruikerservaring kunnen worden gegenereerd. We zullen samenwerken met een doelgroep van organisaties bestaande uit integratoren en eindgebruikers, zodat we hen kunnen helpen om de juiste technologie en beschikbare tools te kiezen, te gebruiken en in te zetten en hoe we hen kunnen helpen om de juiste partners te vinden.

https://www.experiencetwin.org

XRehab – TETRA project

HITlab-Howest & Opleiding Ergotherapie Howest & UZGent Smart Space

Het doel van XRehab is de integratie van XR-toepassingen zodanig te vergemakkelijken dat het gebruik van deze toepassingen in de revalidatie de komende jaren exponentieel zal groeien en dat dit project kan bijdragen tot een efficiëntere en meer gepersonaliseerde revalidatie.

XRehab zal zowel de gezondheidswerkers ondersteunen bij het begrijpen en gebruiken van XR-technologieën, als de technologiemakers bij het begrijpen van de speciale behoeften en normen die nodig zijn voor revalidatie.

https://www.xrehab.be

Edumac XR – PWO project

HITlab-Howest & Opleiding MCT Howest & Opleiding IPO Howest & Opleiding BASO Howest

In dit project bouwen we een virtueel machinepark voor houtbewerkingsmachines, waar studenten uit het technisch en beroepsonderwijs kunnen leren, oefenen en hun vaardigheden kunnen testen in een veilige leeromgeving. Onze missie is het ontwikkelen van een virtual reality applicatie, ter ondersteuning van de opleiding van operators van machines in de houtbewerkingsindustrie (bijv. freesmachine), aangezien dit specifieke vaardigheden en het omgaan met gecompliceerde en gevaarlijke machines vereist.

In dit project combineren we instructieontwerp en pedagogische principes met gebruiksvriendelijke functies om een intuïtieve gebruikerservaring te bereiken die het leren maximaal bevordert. Samen met de opleidingen MCT en IPO wordt een dashboard ontwikkeld dat de docent de mogelijkheid geeft leerdoelen te stellen en het onderwijsleerproces op te volgen.

In onze testgroep zijn acht scholen opgenomen: Campus Engineering Veurne, VTI Roeselare, VTI Menen, VTI Poperinge, 't Saam Diksmuide, VTI Tielt Molenland, VTI Izegem en Richtpunt Zottegem. De leerlingen en leerkrachten kunnen onze tool testen en vervolgens feedback geven. Zo kunnen we verbeteringen aanbrengen. Het uiteindelijke doel is om tegen augustus 2024 een

applicatie te ontwikkelen die gratis beschikbaar zal zijn voor alle studenten houtbewerking in Vlaanderen.

IVART – IOF project

UGent & UZgent Departement Ophtamologie & UZGent SmartSpace & HITlab-Howest

In dit project worden game technologie en meettechnologie ingezet om een nieuw assessment protocol te ontwikkelen voor kinderen met een visuele beperking.

SIOPA & SIOPI – PWO projects

HITlab-Howest & Opleiding MCT Howest & Opleiding Ergotherapie Howest & Opleiding DAE Howest

Het PWO-project Smart Immersive Occupational Performance Interventions (SIOPI) is een voortzetting van de huidige PWO Smart Immersive Occupational Performance Assessments (SIOPA). SIOPA is gericht op het ontwikkelen van VR assessments voor revalidatie, maar met SIOPI zullen we de focus verleggen naar de volgende fase van ergotherapie, namelijk interventies bij aandoeningen.

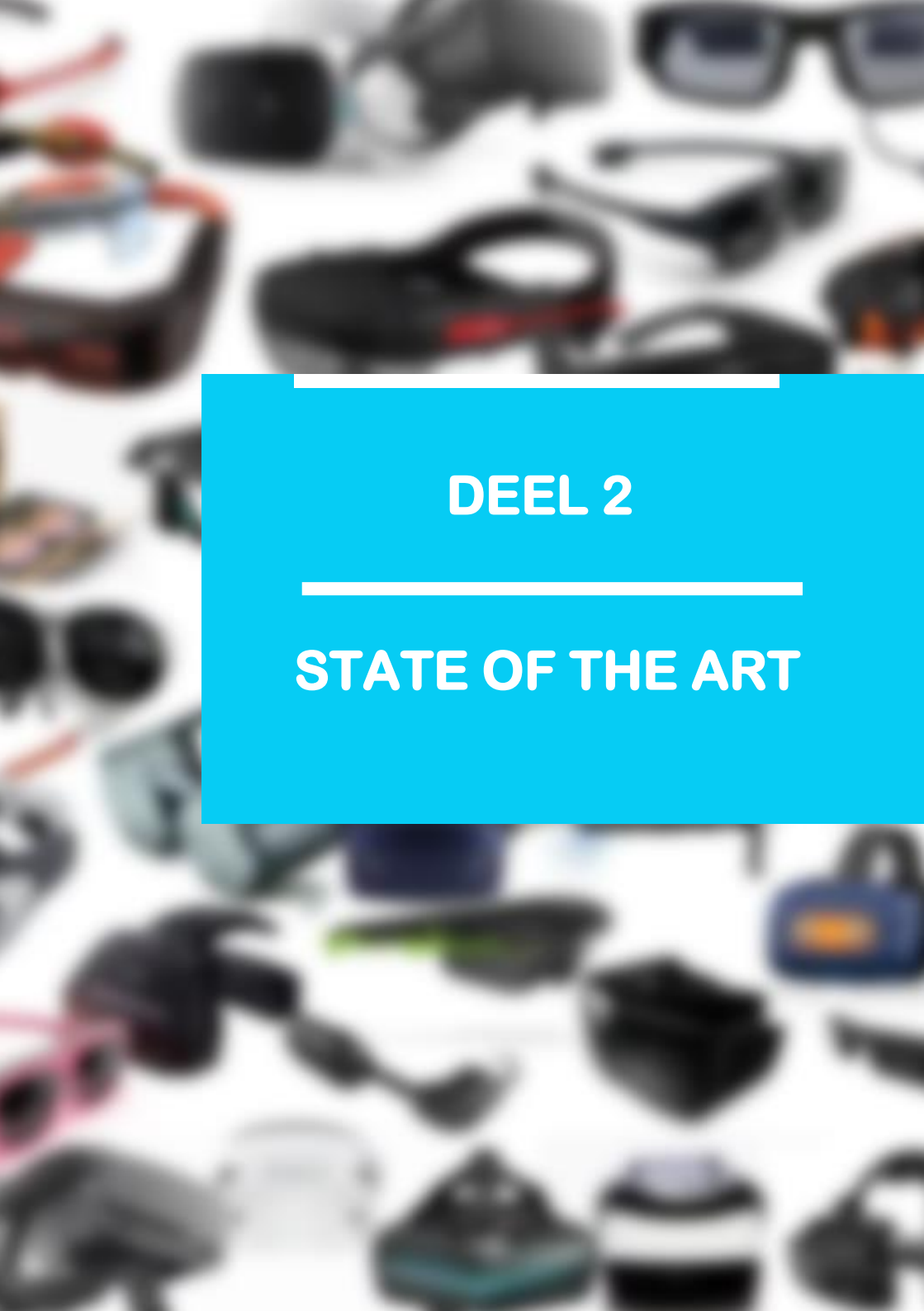
Met SIOPI wordt een aantal use cases opgezet om via een iteratief ontwikkelingsproces te komen tot VR-interventies die effectief gebruikt kunnen worden als therapeutisch hulpmiddel voor de doelgroep patiënten met hemianopsie. De toevoeging van biometrische parameters en sensoren garandeert een persoonlijke meting en aangepaste revalidatie van patiënten.

Vervolgens worden nieuwe domeinen verkend en worden VR-interventies binnen de ouderenzorg en geestelijke gezondheidszorg ontwikkeld, getest en aangepast voor arbeidstherapeutisch gebruik.

In een tweejarige samenwerking met projectmedewerkers van ERGO, HITlab, MCT en DAE worden zowel de VR-interventies als de verkenning naar andere domeinen uitgevoerd.

IMEC-MICT-UGENT & HITlab-Howest

In dit project onderzoeken we de mogelijkheden om biometrische data interpreteerbaar te maken op het niveau van een individu. Door individuen taken te laten uitvoeren in een virtuele omgeving kunnen we meten hoe goed een individu scoort op bepaalde cognitieve taken en kunnen we vaststellen hoe zijn of haar fysiologische parameters weggeven hoeveel cognitieve belasting dit individu ervaart. Deze informatie is cruciaal om de vertaling te kunnen maken tussen de fysiologische parameters en cognitieve belasting op individueel niveau wat voor developers die adaptieve software ontwikkelen cruciaal is. Parameters die vanuit eyetracking kunnen worden gecapteerd zullen hier een belangrijke rol in spelen.



DEEL 2

STATE OF THE ART

EYETRACKING

In het project ExpertGaze was het de bedoeling om nieuwe (meet)technologieën die visuele aandacht in kaart kunnen brengen te gaan verkennen. Op die manier beoogden we een beter zicht te krijgen op hoe visuele aandachtspatronen van experten een bijdrage kunnen leveren bij het opleiden en begeleiden van niet-experten.

Achtergrond

Een manier om visuele aandacht in kaart te brengen is via het volgen van de oogbewegingen door middel van eyetracking. De interesse van wetenschappers in oogbewegingen dateert reeds van de tweede helft van de 19de eeuw. In 1879 beschreef de Franse ophtalmoloog Louis Emile Javal voor het eerst oogbewegingen tijdens het lezen. Toch werd pas in 1908 de eerste eyetracker gebouwd door de Amerikaanse onderzoeker Edmund Burke Huey[1]. De oogbewegingscamera die meer lijkt op de toestellen die wij nu kennen werd in 1922 geïntroduceerd bij Judd en Buswell[2]. Cognitieve neurowetenschappers gebruiken eyetracking om fysiologische processen te observeren en hun impact op onze cognitie en emoties. Door eyetracking te combineren met andere technologieën zoals functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) kunnen bijvoorbeeld hersengebieden die betrokken zijn bij visuele aandacht worden bestudeerd[3]. Parameters die men uit oogbewegingen haalt kunnen dienen als indicator voor ziektes zoals Alzheimer, schizofrenie, dyslexie en autisme[4], en kunnen dus helpen bij het stellen van een medische diagnose. In de taalpsychologie wordt eyetracking onder andere gebruikt om te onderzoeken hoe taal ontwikkelt door bijvoorbeeld de snelheid van de oogbeweging in de richting van een woord te meten[5]. Eyetracking bij kinderen is in de ontwikkelingspsychologie

---

[1] Huey, E.B. (1908). *The psychology and pedagogy of reading*. (5th ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

[2] Judd, C.H., & Buswell, G.T. (1922). *Silent reading: A study of the various types*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

[3] O'Connell, T. P., & Chun, M. M. (2018). Predicting eye movement patterns from fMRI responses to natural scenes. *Nature Communications,* 9(1).

[4] Vidal, M. et al. (2012). Wearable eyetracking for mental health monitoring. *Computer Communications, 35*(11), 1306–1311.

[5] Chita-Tegmark et al. (2015). Eyetracking Measurements of Language Processing: Developmental Differences in Children at High Risk for ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 45*(10), 3327–3338.

zeer waardevol gebleken om te begrijpen hoe een kind de wereld percipieert[6]. Ook in de cognitieve psychologie is eyetracking een gevestigde techniek die gebruikt wordt om processen onderliggend aan aandacht, leren, geheugen en emotie te bestuderen[7]. Tot slot heeft eyetracking tot vele nieuwe inzichten geleid in het domein van de sport psychologie[8]. Naast het onderzoeken en kwantificeren waar iemand naar kijkt, en dus waar de visuele aandacht naar gericht is, laat eyetracking ook toe om andere parameters in kaart te brengen. Zo hangt de grootte van de pupil af van hoeveel moeite een persoon moet doen een bepaalde taak uit te voeren en kan dit gebruikt worden als een maat van cognitieve belasting. Ook hangt het aantal keren dat men met de ogen knippert af van hoeveel informatie men aan het verwerken is en kan dit als maat worden gebruikt van hoeveel iemand aan het bijleren is[9]. Zeer relevant voor het project is dat men met behulp van eyetracking reeds in verschillende studies heeft kunnen aantonen dat het sturen van de aandacht van niet-experten door de aandacht patronen van een groep experten te visualiseren, de prestatie van niet-experten bij het uitvoeren van een complexe taak sterk kan verbeteren[10, 11]. Ook werd dankzij eyetracking gedetecteerd dat er verschillende strategieën kunnen worden gebruikt door radiologen om kankergezwellen in medische foto's van de borstkas terug te vinden en kon, op basis van deze inzichten, de meest efficiënte manier in de training worden aangeleerd[12].

---

[6] Gredebäck, G., Johnson, S., & von Hofsten, C. (2009). Eyetracking in Infancy Research. *Developmental Neuropsychology, 35*(1), 1–19.

[7] Lai, M.-L., et al. (2013). A review of using eyetracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review, 10*, 90–115.

[8] Grushko, A., Leonov, S., Veraksa, A. (2015). *Eyetracking in Sport Psychology.* In ed. E.S. Linton, Advances in Sports Research. Nova science publishers.

[9] Eckstein, M. K., et al. (2017). Beyond eye gaze: What else can eyetracking reveal about cognition and cognitive development? *Developmental Cognitive Neuroscience, 25*, 69–91.

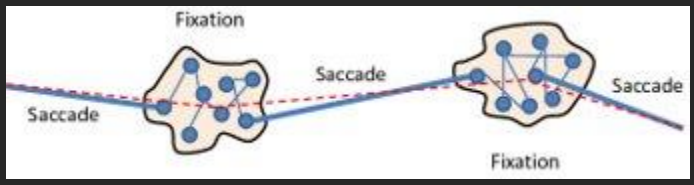
[10] Grant, E. R., & Spivey, M. J. (2003). Eye Movements and Problem Solving: Guiding Attention Guides Thought. *Psychological Science*, *14*(5), 462–466.

[11] Velichkovsky, B. M. (1995). Communicating attention: Gaze position transfer in cooperative problem solving. Pragmatics & Cognition, 3(2), 199–223.

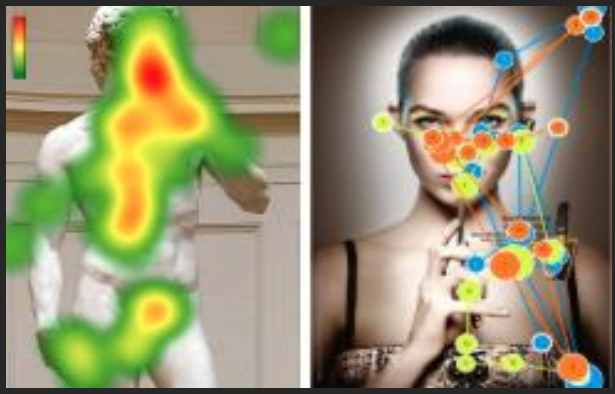
[12] Manning, D., Ethell, S., Donovan, T., & Crawford, T. (2006). How do radiologists do it? The influence of experience and training on searching for chest nodules. Radiography, 12(2), 134–142.

Oogbewegingen als indicator van visuele aandacht

De kwantificering van visuele aandacht op basis van oogbewegingen gebeurt o.a. via het meten van de tijdsduur en/of snelheid ervan. Wanneer het oog gedurende een relatieve periode stilstaat en er registraties worden gemaakt die dicht bij elkaar liggen, zowel in tijd als ruimte wordt dit omschreven als een fixatie en gelinkt aan het bewust opnemen van visuele informatie. Wanneer het oog echter een versnelde verplaatsing gaat maken vooraleer een nieuwe fixatie wordt gemaakt, wordt dit omschreven als een saccade. Tijdens saccades wordt, in tegenstelling tot fixaties, in veel mindere mate informatie opgenomen.



Afbeelding 3.

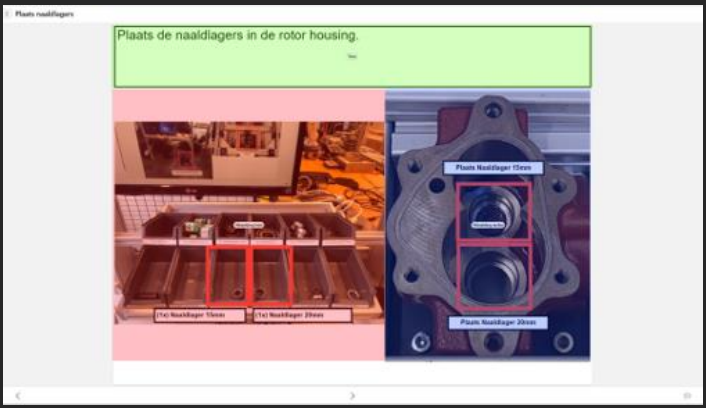


Afbeelding 4. Links een voorbeeld van een heatmap, rechts een voorbeeld van een gazeplot om eyetracking resultaten te visualiseren

Informatie over waar een persoon of groep personen naartoe gekeken heeft kan gevisualiseerd worden op verschillende manieren. De bekendste manier is een heatmap *(zie Afbeelding 4 links)*. Een heatmap geeft mooi de verdeling van de aandacht op een visuele stimulus of omgeving weer en is daarbij eenvoudig te middelen voor alle testpersonen in een onderzoek. Het grote nadeel is dat er informatie ontbreekt over hoe de spreiding van aandacht verandert over de tijd.

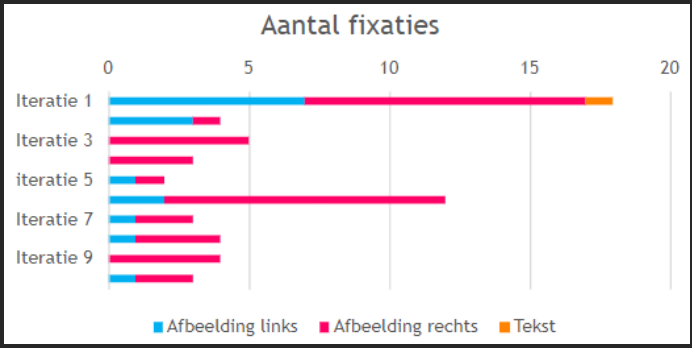
Een andere manier voor het visualiseren van de oogbewegingen is de gaze plot *(zie Afbeelding 4 rechts)*. Hier wordt een weergave van de fixaties (waar het oog stil staat om informatie op te nemen) en saccades (waar het oog verspringt naar de volgende locatie) geplot in chronologische volgorde op het beeld. Een gaze plot is in het kader van dit project interessant omdat het toelaat te detecteren wanneer verschillende testpersonen met een andere strategie of andere voorkeuren naar de omgeving kijken bij het uitvoeren van een bepaalde taak.

Naast het visualiseren van de oogbewegingen kunnen er ook analyses gemaakt worden waarbij bepaalde metrieken worden berekend binnen bepaalde zones (areas of interest) waarin de oogbewegingen hebben plaatsgevonden. Onderstaande afbeelding betreft een deel van een digitale handleiding waarbij areas of interest per kleur zijn aangeduid. Door te berekenen in welke mate er fixaties/saccades plaatsvonden in deze regio's kan er op een objectieve manier vergeleken worden welke gebieden een bepaalde mate van visuele aandacht opeisten. Verschillende berekeningen zijn mogelijk zoals de totale duur van de fixaties, het aantal fixaties/saccades, de tijd tot de eerste, enz…



Afbeelding 5.

In onderstaande grafiek werd het resultaat van dergelijke vergelijking weergegeven. De vergelijking gebeurt per iteratie over een taak van meerdere iteraties waarbij wordt weergegeven hoeveel fixaties er gemaakt werden op de verschillende aangeduide areas of interest.



Afbeelding 6.

Hierbij is het bijvoorbeeld zichtbaar dat er tijdens de eerste iteratie het meeste fixaties plaatsvonden op de area of interest die overeenkwam met de rechterafbeelding op de handleiding. Een belangrijke opmerking is echter wel dat in het kader van eyetracking vaststellingen nog steeds gepaard gaan met een interpretatiecomponent. Oogbewegingen als indicator van visuele aandacht staan niet op zichzelf maar moeten steeds geïnterpreteerd worden in hun context. Afhankelijk van de context kan een bepaalde metriek meerdere betekenissen hebben, waarbij een langere fixatieduur zowel kan wijzen op problemen bij het verwerken van visuele informatie als bijvoorbeeld het attractief vinden van een bepaalde stimulus. Naast een focus op de technologie dient er dus ook voldoende aandacht te zijn voor de context.

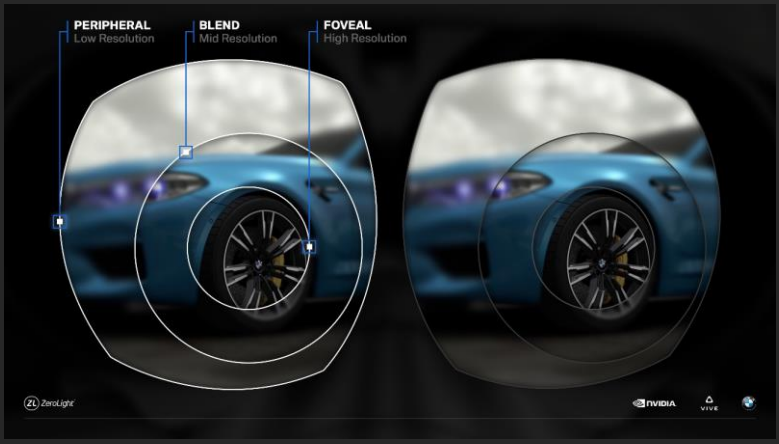
Eyetrackingtechnologie

Oogbewegingen kunnen gemeten worden via diverse types hardware in verschillende soorten omgevingen, gaande van realistische omgevingen tot deels of volledige virtuele omgevingen.

In realistische omgevingen wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van twee types eyetrackers nl. vaste en mobiele eyetrackers. Waar vaste eyetrackers voornamelijk worden ingezet om oogbewegingen te meten bij personen in een statische positie, is het met mobiele eyetracking de bedoeling om oogbewegingen te gaan registreren bij personen die zich vrij en natuurlijk gaan bewegen in hun omgeving.

Hiernaast is het ook mogelijk om oogbewegingen te gaan meten bij personen die door middel van een headset in een volledig virtuele wereld ondergedompeld zijn. Veel virtual reality headsets beschikken namelijk vandaag al over ingebouwde eyetracking.

Vanuit de fabrikant wordt eyetracking toegevoegd aan deze headsets om de prestaties ervan te gaan optimaliseren. Dit door minder rekenkracht te gebruiken om zones weer te geven waarop niet wordt gefixeerd en dus in de periferie vallen ("foveated rendering").



Afbeelding 7

Doordat eyetracking al vaak ingebouwd is en de headsets steeds beter/goedkoper worden, bieden er zich ook nieuwe mogelijkheden aan, waardoor eyetrackingdata makkelijker kan worden verzameld tijdens het uitvoeren van virtual reality trainingen die ontwikkeld zijn voor opleidings- of bedrijfstoepassingen. Ook worden er steeds meer headsets uitgebracht die standalone zijn. Deze zijn onafhankelijk te gebruiken van een computer waardoor deze nog meer toegankelijk zijn geworden voor bedrijven- en opleidingsinstellingen.

Hiernaast is er momenteel ook een duidelijke trend richting mixed reality headsets waarbij de virtuele wereld samensmelt met de echte wereld. Dit type headsets beschikt steeds vaker over ingebouwde eyetracking waarmee info kan verzameld worden over het kijkgedrag ten aanzien van zowel de virtuele als echte elementen.

In het volgende overzicht zullen enkele devices worden voorgesteld die nu of in de toekomst mogelijks zullen beschikken over eyetracking en/of gebruikt zijn in de uitgevoerde use cases.

OVERZICHT BESCHIKBARE HARDWARE

META QUEST 2

VOORDELEN

- **PRIJS**
- **STANDALONE**
- **INTUITIEVE CONTROLLERS**
- **MAKKELIJK IN GEBRUIK**

NADELEN

- **ORIGINELE STRAP MINDER COMFORTABEL**
- **NOOD AAN FACEBOOKACCOUNT**
- **KLEINE FIELD-OF-VIEW**

De Meta Quest 2 is een standalone VR-headset die werd uitgebracht door het bedrijf Meta en is één van de populairste en meest toegankelijke headsets op dit moment.

Tracking

De Meta Quest 2 beschikt over een 6 DoF, inside-out motion trackingsysteem, waarbij 4 trackingcamera's ingebouwd zijn in de headset om de positie van het hoofd, de positie van de gebruiker en de positie van de trackers in de virtuele omgeving te bepalen. Verder beschikt deze headset ook over handtracking en gedeeltelijke vingertracking. De handtracking is doorgaans goed maar valt soms weg wanneer je je handen boven je hoofd, dicht bij

elkaar, lang naast of achter je lichaam houdt. Met de Meta Quest 2 ondersteunt echter geen eyetracking.

Controllers en bediening

De Quest 2 wordt geleverd met 'Oculus Touch'-controllers die zich intuïtief laten bedienen. De controllers bestaan uit een handgreep met een trigger en een knop aan de zijkant die je met je middel- en ringvinger kunt inknijpen om het beetpakken van objecten te simuleren. De controllers ondersteunen eveneens haptische feedback via trillingen.

Resolutie en IPD settings

De Meta Quest 2 is de opvolger van de Oculus Quest, en beschikt over twee single fast switch LCD-schermen. De resolutie per oog is 1832x1920 pixels per oog waardoor gebruikers het beeld als scherp ervaren. De Quest 2 heeft eveneens een hogere refresh rate (120 Hz) en situeert zich hiermee op hetzelfde niveau als andere, niet standalone VR-brillen zoals de HTC Vive Pro eye en de HP Reverb. Qua field-of-view werden er door Meta zelf geen officiële waarden gepubliceerd maar doorgaans wordt dit gemeten op 98°, wat een gemiddelde grootte is.

Verder kan de pupilafstand of interpupillary distance (IPD) ingesteld worden op 3 verschillende standen. Bij de Meta Quest 2 rapporteren gebruikers echter de randen van de display zichtbaar kunnen worden wanneer er voor een grote IPD-waard wordt gekozen. De IPD-waarde moet ook manueel ingesteld worden wat soms wat onhandig kan zijn.

Draagcomfort

De Meta Quest 2 heeft een gemiddeld gewicht in vergelijking met de andere gepresenteerde headsets. Desondanks rapporteren gebruikers dat de Oculus Quest 2 minder comfortabel aanvoelt wanneer er gebruik wordt gemaakt van de standaard meegeleverde hoofdband. Om het comfort van deze headset te verbeteren kan een elite strap kit worden aangeschaft die bestaat uit een stevigere hoofdband, een beschermbox en optioneel een extra batterij. Qua comfort voor brilgebruikers is het zo dat de headset gebruikt kan worden in combinatie met een gewone bril. Hierbij valt wel op te merken dat het gezichtspad behoorlijk wat plaats inneemt en de combinatie met een bril hierdoor moeilijker is dan bij bijvoorbeeld de HTC Vive. Daarnaast is het zo dat zelfs met een spacer de combinatie met een gewone bril kan resulteren in krassen op de lenzen.

PICO NEO 4 (ENTERPRISE)

VOORDELEN

- **BESCHIKT OVER EYETRACKING & FACETRACKING**
- **STANDALONE**
- **MIXED REALITY MOGELIJKHEDEN**
- **BETERE PRIJS & BATTERIJ DAN METAQUEST PRO**

NADELEN

- **REFRESH RATE LAGER DAN BIJ METAQUEST PRO**

De PICO NEO 4 Enterprise is een standalone VR-headset van Chinese makelij die werd uitgebracht in september 2022 en wordt aanzien als de concurrent voor de Meta Quest 2/Pro. Naast een gewone versie werd er een Enterprise edition uitgebracht van deze headset, specifiek gericht op gebruik in bedrijfscontexten.

Tracking

Zowel de consumentenversie als de gewone versie beschikken in totaal over vijf externe trackingcamera's, twee aan de bovenkant en twee aan de onderkant, met één extra camera aan de voorkant van de headset, in tegenstelling tot veel headsets die maar over 4 camera’s beschikken. De vijfde extra camera op de Pico 4 Enterprise is de 16MP full-color camera voor video passthrough die zeer goed blijkt te werken. Passthrough maakt het mogelijk om door de camera’s aan de voorkant van de headset heen te kijken. Als gebruiker zie je dan de echte fysieke omgeving om je heen. Dit

wordt vooral gebruikt wanneer je bijvoorbeeld de speelruimte wilt instellen, maar is ook erg handig wanneer je even terug moet naar de ‘echte wereld’. De Quest 2 beschikt over een grey-scale passthrough camera. Dit betekent dat het beeld dat je ziet met de camera’s zwart en grijs wordt weergegeven. Wanneer je de intentie hebt om deze passthrough alleen voor het instellen van de ruimte te gebruiken is dit geen probleem maar voor andere zaken is het fijn als de beelden in kleur zijn. De Pico 4 ondersteunt deze kleuren, al is de kwaliteit van de camera’s nog niet op ‘human eye resolution niveau’ zoals bij de Varjo XR-3.

Verder zorgt deze camera er ook voor dat er minder ‘dode’ zones zijn waarbinnen de tracking van zowel de handen als de controllers wegvalt. De Pico 4 Enterprise beschikt eveneens over drie infraroodcamera’s voor eyetracking en facetracking. Eyetracking wordt ondersteund door twee interne camera’s waarvan één per oog waardoor er nauwkeurige resultaten kunnen worden bekomen.

Controllers en bediening

De Pico 4 maakt gebruik van oplaadbare controllers met een uiterlijk die doen denken aan een combinatie tussen de Meta Quest 2 en Valve Index controllers (“knuckle style”). De controllers hebben een band om de handen heen zitten die zorgt voor een betere tracking van de handen en vingers en kunnen zonder problemen dicht bij elkaar in de buurt komen, in tegenstelling tot VR controllers van sommige andere headsets (vb. Quest 2 en HP Reverb G2).

Resolutie en IPD settings

De IPD settings dienen niet manueel te worden ingesteld maar worden automatisch aangepast op basis van eyetracking. Wat betreft de resolutie heeft de Pico Neo 4 een resolutie van 2160 x 2160 pixels per oog en scoort hij hiermee beter dan de Meta Quest 2. Verder maakt de PICO 4 in tegenstelling tot de Meta Quest 2 gebruik van 2 LCD-schermen i.p.v. 1 en beschikt hij over pancake lenzen i.p.v. frenzel lenzen. Deze hebben als voordeel dat ze een stuk minder ruimte innemen.

Afbeelding 8. Pancake lens (links) versus fresnel lenzen (rechts)

De PICO 4 heeft ook een iets groter gezichtsveld (105°), al maakt ongeveer 5 graden verschil in de praktijk minder uit.

Draagcomfort

De Pico 4 beschikt standaard over een verstevigde hoofdband waarbij de batterij zich aan de achterkant situeert. De Meta Quest wordt echter aangeleverd met een standaard elastieken band die veel minder comfortabel zit en je voor bijkomend comfort moet investeren in accessoires. De Pico 4 is ook een stuk lichter dan de Meta Quest 2. De lenzen kunnen echter bij de kleinste IPD stand wel tegen de neus gaan aandrukken.

VIVE FOCUS 3

VOORDELEN

- **OPSLAGRUIMTE UITBREIDBAAR MET MICRO SD KAART**
- **HANDTRACKING**
- **5K RESOLUTIE EN GROTE FIELD-OF-VIEW**
- **BATTERIJ MAKKELIJK TE VERWIJDEREN EN EXTERN OP TE LADEN**

NADELEN

- **GEEN INGEBOUWDE EYETRACKING (VIA ADD-ON)**
- **GLARE & GODRAYS VAKER GERAPPORTEERD DAN BIJ ANDERE HEADSETS**

De Vive Focus 3 Business is een stand-alone VR headset gericht op gebruik voor bedrijfsdoeleinden en werd geproduceerd door HTC, gekend voor hun hoogwaardige virtual reality hardware.

Tracking

De HTC Vive Focus 3 is een 6 degrees-of-freedom headset die gebruik maakt van inside-out tracking met 4 geïntegreerde camera's.

Met de HTC Vive Focus 3 is het ook mogelijk om de headset te besturen via handtracking die in de headset is ingebouwd. Eyetracking is echter

enkel beschikbaar als add-on via een opzetstuk en dient extra te worden aangekocht (~300 euro).

Controllers en bediening

De controllers hebben een soortgelijke, intuïtieve lay-out als die van de Meta Quest 2, zijn iets kleiner en compacter maar niet altijd even handig te bedienen. De controllers werken op oplaadbare batterijen die via USB-c kunnen worden opgeladen.

Resolutie & IPD settings

De Vive focus 3 beschikt over 2 LCD-schermen met een resolutie van 2448x2488 pixels die een stuk hoger is dan deze van de Meta Quest 2 of de Pico 4. Ondanks deze hoge resolutie is het echter wel zo dat er voornamelijk scherpte van het beeld kan worden ervaren wanneer objecten stilstaand worden bekeken en in omgevingen met een hoog contrast. Verder beschikt de headset over een grote field-of-view horizontaal (120°). De IPD waarde kan manueel worden aangepast en heeft een grote range waardoor de headset perfect kan worden ingesteld. De frame rate van deze headset is 90 Hz en dus identiek aan deze van de Meta Quest 2.

Draagcomfort

De Vive Focus 3 wordt standaard geleverd met een strap die vergelijkbaar is met de elite strap van de Meta Quest 2, waarbij de grootte ervan via een draaiwielsysteem makkelijk kan worden aangepast. De batterij zit eveneens achteraan in de headset verwerkt, waardoor niet al het gewicht vooraan komt te liggen en de headset makkelijk gedurende langere periodes kan worden gedragen. Ook de ‘light bleed’ (licht dat onderaan tussen de bril doorkomt t.h.v. de neusopening) is beperkt tot een minimum door een nauw aansluitende gezichtspad. Verder is er ook een ingebouwde ventilator ingewerkt en dampen de lenzen hierdoor niet aan, wat bij de Meta Quest 2 bijvoorbeeld wel kan gebeuren.

META QUEST PRO

VOORDELEN

- **TOONAANGEVENDE TRACKING**
- **INDRUKWEKKENDE RAM-CAPACITEIT**
- **AI GEBASEERDE LICHAAMSTRACKING API**

NADELEN

- **BATTERIJDUUR (1,5U AFH. VAN TRACKING)**
- **PRIJS**
- **MINDER GESCHIKT VOOR UNIEK GEBRUIK VR**

De Meta Quest Pro is een standalone mixed reality headset die werd uitgebracht door het bedrijf Meta voor zakelijke doeleinden en biedt veel mogelijkheden voor developers om nieuwe applicaties en toepassingen te ontwikkelen.

Tracking

De Meta Quest Pro werkt net zoals de andere voorgestelde brillen met inside-out tracking en beschikt algemeen over zeer goede trackingmogelijkheden. De Quest Pro heeft 16 tracking camera's verspreid over de bril en de meegeleverde Pro controllers. Veder beschikt de headset ook over body tracking en 5 interne camera's: één eyetracking camera per oog, één die de bovenkant van het gezicht volgt en twee die de onderkant volgen.

Aan de buitenkant heeft de Quest Pro 5 tracking camera's: drie front-facing en twee side-facing camera's om de omgeving te volgen en in kaart te brengen. De tracking is zeer goed en de handtracking presteert beter dan degene van de Meta Quest 2. Een van de opvallende kenmerken van de nieuwe Meta Quest Pro

zijn de drie speciale camera's voor face tracking waardoor gezichts- en microexpressies kunnen worden nagebootst, alsook oogcontact.

Verder beschikt de headset ook over een full-color video pass-through wat het mogelijk maakt om objecten en mensen in de reële wereld te gaan bekijken. Het beeld is echter wel niet scherp genoeg om ook te gaan interageren met de reële wereld.

Controllers en bediening

Een grote verbetering ten opzichte van de Meta Quest 2, zijn de Meta Quest Pro controllers. De nieuwe Quest Pro controllers hebben onafhankelijke, inside-out tracking van drie optische camera's. De nieuwe tracking mogelijkheden van de Meta Quest Pro controllers betekenen dat de tracking ringen zijn afgeschaft en dat tracking nog steeds werkt buiten het zicht van de Meta Quest Pro bril. Bij volledige duisternis werkt de Pro controller niet, omdat de tracking optisch is en niet infrarood.

Resolutie en IPD settings

Net zoals de Pico 4 Enterprise beschikt de Quest Pro over pancake lenzen waardoor deze veel minder onderhevig is aan visuele artefacten. Een ander voordeel is dat deze een hogere helderheid bieden in het volledige gezichtsveld waardoor elk detail in de periferie kan worden waargenomen.

De beeldschermen van de Meta Quest Pro zijn dual LCD schermen met een resolutie van 1800x1920 pixels per oog. De schermresolutie is lager dan bij vb. de Pico 4 Enterprise maar doordat de schermen uitgerust zijn met een quantum dot-laag waarmee het licht in een aantal zones gedimd wordt, worden contrasten en zwarte kleuren beter weergegeven.

De IPD settings zijn manueel aanpasbaar. Wat betreft het gezichtsveld beschikt deze headset in vergelijking met andere voorgestelde headsets over een gelijkaardige field-of-view (106°) en refresh rate (90Hz) als de PICO 4 Enterprise.

Draagcomfort

De batterij bevindt zich aan de achterkant van de bril en zorgt voor een comfortabele gewichtsverdeling. De headset heeft echter wel een behoorlijk gewicht van 722g, wat meer dan 150g meer is dan de Pico 4 Enterprise. De Meta Quest pro beschikt echter wel over een comfortabele hoofdband met draaiknop waardoor deze makkelijk kan worden aangepast en het gewicht mooi verdeeld is. Verder is hij ook zeer handig te gebruiken voor brildragers omdat de lenzen van de bril zelf met een handige draaiknop verder weg kunnen worden geschoven van de brilglazen.

HTC VIVE PRO EYE

VOORDELEN

- **NAUWKEURIGE TRACKING**
- **ROBUUSTE HARDWARE**

NADELEN

- **NIET STANDALONE**
- **KRACHTIGE PC NOODZAKELIJK**
- **ZWAAR EN MINDER COMFORTABEL**

De HTC Vive Pro Eye is een high-end virtual reality headset die voornamelijk geschikt is voor de ontwikkeling van professionele toepassingen in het kader van opleiding en onderzoek.

Tracking

De Vive Pro Eye werkt met outside-in tracking waarbij er gebruik wordt gemaakt van base stations die speciaal ontworpen zijn om een zeer precieze bewegingsvolging te bieden in een ruimte. De base stations gebruiken lasertracking om de positie van de headset en controllers in real-time te volgen, met een nauwkeurigheid van minder dan 1 millimeter. Dit maakt het mogelijk om een breed scala aan bewegingen te volgen, waaronder kleine knijp- en rotatiebewegingen. Hierdoor is nauwkeurige interactie met de virtuele omgeving mogelijk is. De HTC Vive beschikt ook over ingebouwde eyetracking (afkomstig van Tobii) waardoor het mogelijk is om oogbewegingen te gaan registreren in de virtuele omgeving. Hiernaast beschikt de headset ook over handtracking en via gebruik van de frontcamera ook over vingertracking.

Controllers en bediening

De controllers die worden bijgeleverd bij de VIVE zijn behoorlijk groot en beschikken nog niet over een thumbstick maar wel een trackpad. Hierdoor zijn ze iets moeilijker te bedienen dan kleinere controllers zoals deze van de Meta Quest 2.

De controllers beschikken over een interne bewegingssensor die de precieze positie en beweging ervan in de virtuele ruimte gaat volgen waardoor deze tot op 1mm nauwkeurig kunnen worden getrackt. Hiernaast hebben de controllers ook haptic feedback, waardoor gebruikers kunnen voelen wanneer ze iets aanraken in de virtuele wereld via vibraties.

Resolutie en IPD-settings

De headset beschikt over een dual AMOLED scherm met een resolutie van 1440x1600 pixels per oog. Verder heeft de headset een behoorlijke field-of-view van 110° en een normale refreshrate (90Hz).

Draagcomfort

De vive pro eye is behoorlijk zwaar (555g) waardoor langdurig gebruik soms minder aangeraden is. De strap van de bril kan echter op verschillende plaatsen worden aangepast om de bril toch zo comfortabel mogelijk te gaan positioneren, o.a. via een draaiknop achteraan. De vive pro eye is ook een goede VR-bril om te gebruiken voor brildragers. Ondanks dat er gebruik wordt gemaakt van fresnel lenzen is er toch voldoende ruimte beschikbaar om de headset te gaan gebruiken in combinatie met een gewone bril.

TOBII GLASSES 2

VOORDELEN

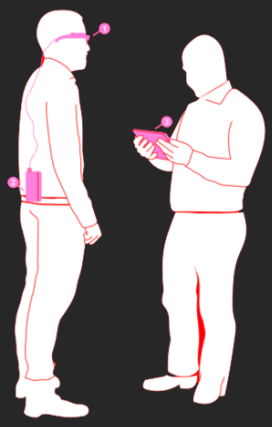
- **NAUWKEURIGE REGISTRATIE VAN OOGBEWEGINGEN**
- **LICHT & COMFORTABEL**

NADELEN

- **BATTERIJDUUR (1,5u)**
- **SOMS DATAVERLIES DOORDAT PARTICIPANTEN ONDER DE BRIL DOORKIJKEN**
- **DURE ANALYSESOFTWARE**
- **GEEN COMMUNITY VOOR ONTWIKKELAARS**

De Tobii Glasses 2 is een mobiele en draagbare eyetracker waarmee oogbewegingen, knipperrate en pupilgrootte geregistreerd kunnen worden. Deze eyetracker wordt voornamelijk gebruikt voor labo-onderzoek, marktonderzoek en trainingen. Hij beschikt over een full-HD scene camera waarmee de omgeving wordt gefilmd, alsook twee eyetracking camera's per oog die de oog(bewegings)data registreren. Deze eyetracker werd gebruikt tijdens alle use cases waarin mobiele eyetracking werd uitgevoerd binnen ExpertGaze.

De bril zelf kan worden opgezet zoals een normale bril en is met de recording unit verbonden via een HDMI-kabel.



De Tobii Glasses 2 set bestaat uit een bril (1), een recordingunit (2) en een tablet/laptop (3).

De recordingunit fungeert als minicomputer en bevat een SD-geheugenkaart waarop de verzamelde data wordt opgeslagen en kan via een klemmechanisme aan de kledij van de gebruiker bevestigd worden. Hierdoor is de gebruiker in staat om zich vrij te bewegen gedurende de opnames. De recording unit zet zelf een wifi-netwerk op waardoor er kan gecommuniceerd worden met de software.

Software

Om opnames te maken kan er gebruik worden gemaakt van de Tobii Glasses Controller software. Deze software kan gedownload worden via de website van Tobii maar biedt geen mogelijkheden voor verdere analyse. Voor het uitvoeren van verdere analyses op de oogbewegingsdata voorziet Tobii de Pro Lab software, die apart aangekocht dient te worden. Hiernaast kan ook gebruik gemaakt worden van de eyetrackingmodule in de Imotions software of kan er zelf software worden geschreven.

Beperkingen

De eyetracker heeft enkele beperkingen naar gebruik toe:

- kan enkel gebruikt worden in droge, stofvrije omgevingen en niet bestand tegen water(damp), regen of zweet
- combinatie met direct zonlicht is af te raden aangezien zonlicht hoge niveaus van infrarode straling bevat en dit kan leiden tot een slechtere eyetrackingkwaliteit
- kunstmatige overbelichting of onderbelichting kan de kwaliteit beïnvloeden. Tobii biedt evenwel de mogelijkheid om de oorspronkelijke glazen te vervangen door een getinte versie om dit probleem te verhelpen.
- de originele bril is minder geschikt voor gebruik in industriële omgevingen en is niet stof- en schokbestendig. Wel is er een Glasses 2 helmetversie beschikbaar, waarbij de bril kan worden gebruikt in combinatie met een veiligheidshelm.
- taken waarbij de blik vaak naar beneden gericht is lokken soms uit dat er onder de bril wordt gekeken en de data niet meer correct geregistreerd worden.

Comfort

Het is niet mogelijk om de Tobii glasses 2 eyetracker te gebruiken in combinatie met een bril. Indien het een normale correctie betreft is het mogelijk om dit probleem op te lossen via corrigerende glazen die kunnen bijbesteld worden (-5 tot +3 dioptrie). Deze kunnen via een magneetsysteem op de oorspronkelijke bril gemonteerd worden. Voor specifieke oogaandoeningen dient contact opgenomen te worden met Tobii. Het is wel mogelijk om de bril te gebruiken in combinatie met standaard contactlenzen.

Technische kenmerken

- Sampling frequentie: 50 of 100Hz
- Kalibratieprocedure: 1 punt
- Kalibratievalidatie: ja
- Trackingtechniek: corneale reflectie, binoculair, dark pupil tracking
- Pupilmeting: ja, absolute grootte
- Glazen op sterkte beschikbaar: ja

TOBII GLASSES 3

VOORDELEN

- **NAUWKEURIGE REGISTRATIE VAN OOGBEWEGINGEN**
- **GEBRUIKSVRIENDELIJKE RECORDINGSOFTWARE**
- **GROOT GEZICHTSVELD WAARIN TRACKING PLAATSVINDT**
- **NATUURLIJKE LOOK**

NADELEN

- **PRIJS**
- **DURE ANALYSESOFTWARE**
- **GEEN COMMUNITY VOOR ONTWIKKELAARS**

De Tobii Glasses 3 is een high-end mobiele eyetracker die uitgebracht werd als opvolger van de Tobii Glasses 2. Deze eyetracker is in vergelijking met zijn voorganger een stuk gebruiksvriendelijker en beschikt over betere specificaties. Het grootste verschil met zijn voorganger betreft de positie van de illuminatoren en de camera's. Deze zijn in tegenstelling tot de Glasses 2 verwerkt in de glazen van de bril in plaats van op het frame van de bril zelf. Hierdoor ziet de bril er een stuk natuurlijker uit en heeft deze ook een betere pasvorm. Ook beschikt de bril over grotere glazen dan zijn voorganger, waardoor het gezichtsveld waarin tracking kan worden uitgevoerd groter is en het probleem waarbij mensen onder de bril heen gaan kijken niet meer voorkomt. Ook werd de bril uitgerust met een betere wide-angle scene camera.

Naast aanpassingen aan de hardware maakte Tobii echter ook aanpassingen aan de recording software. Waar voorheen af en toe

connectieproblemen opdoken blijkt dit niet meer het geval te zijn. Ook is de software een stuk gebruiksvriendelijker geworden en kunnen er nu recordings gemaakt worden via een mobiele app op een smartphone.

Technische kenmerken

- Sampling frequentie: 50 of 100Hz
- Kalibratieprocedure: 1 punt
- Kalibratievalidatie: ja
- Trackingtechniek: corneale reflectie, binoculair, dark pupil tracking
- Pupilmeting: ja, absolute grootte
- Glazen op sterkte beschikbaar: ja

TOBII PRO FUSION

VOORDELEN

- **NAUWKEURIGE REGISTRATIE VAN OOGBEWEGINGEN**
- **RUIME TRACKINGBOX WAARBINNEN OOGBEWEGINGEN KUNNEN WORDEN GEREGISTREERD**

NADELEN

- **DURE ANALYSE- EN RECORDINGSOFTWARE**
- **GEEN COMMUNITY VOOR ONTWIKKELAARS**
- **GEEN COMMUNITY VOOR ONTWIKKELAARS**

De Tobii Pro Fusion is een vaste eyetracker waarmee oogbewegingen, knipperrate en pupilgrootte geregistreerd kunnen worden. Deze eyetracker kan gebruikt worden wanneer de gebruiker zich op een vaste positie bevindt (zowel zittend als staand). De eyetracker bevat dual camera's waarmee de oogbewegingen over een afstand tussen 50-80 cm ten opzichte van een monitor geregistreerd kunnen worden.

De eyetracker kan via een zelfklevend magneetsysteem gemonteerd worden op schermen met een maximale grootte van 24 inch. Het is evenwel mogelijk om de eyetracker op een andere vaste locatie te monteren en te gebruiken, zolang de gebruiker zich in de zone bevindt waarin de eyetracker de oogbewegingen kan registreren. De eyetracker kan bijvoorbeeld ook gemonteerd worden op een statief en gekoppeld worden met een scene camera zodat de eyetracker ook kan gebruikt worden in een set-up waarbij kijkgedrag t.o.v. fysieke objecten/scenes in kaart kan worden gebracht.

Software

De eyetracker dient geïnstalleerd te worden met behulp van de open source Tobii Pro Eye Tracker Manager software, waarbij de verschillende configuraties qua set-up en gebruik kunnen worden ingesteld. Voor het maken van opnames kan gebruik gemaakt worden van de Tobii Pro Lab software of Imotions. Verschillende soorten informatie kunnen via deze software worden aangeboden aan de gebruiker, waaronder webpagina's, film- en fotomateriaal. Met behulp van beide softwareprogramma's kunnen ook verdere analyses worden uitgevoerd op de verzamelde data, waaronder het genereren van metrieken, heatmaps, gaze plots en het in kaart brengen van kijkgedrag t.a.v. verschillende areas of interest.

Technische kenmerken

- Sampling frequentie:60, 120 & 250 Hz afhankelijk van de hardware versie
- Aantal oogcamera's: 2
- Trackingtechniek: corneale reflectie, binoculair, dark/bright pupil tracking
- Pupilmeting: ja, absolute grootte

PUPIL CORE

VOORDELEN

- **GROTE COMMUNITY VOOR DEVELOPERS**
- **3D GEPRINT, ONDERDELEN MAKKELIJK APART TE VERKRIJGEN**
- **OPEN SOURCE RECORDINGSOFTWARE**
- **SURFACE TRACKING**

NADELEN

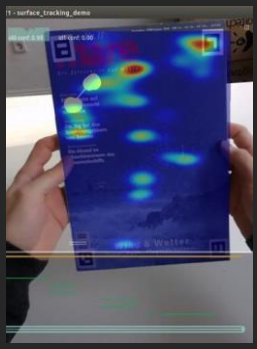
- **GEEN EIGEN ANALYSESOFTWARE BESCHIKBAAR**
- **NIET DRAADLOOS (AANSLUITING OP PC NODIG)**
- **PASVORM SOMS NIET IDEAAL WAARDOOR DE TRACKING EN KALIBRATIE SOMS MOEILIJK VERLOOPT**
- **FUTURISTISCHE LOOK KAN SOMS AFSCHRIKKEN VOOR BEPAALDE DOELGROEPEN**

Pupil core is een eyetracking platform dat bestaat uit open software en een mobiele eyetracker.

De eyetracker is semi-draadloos en moet aan een computer worden gekoppeld om opnames te kunnen maken via een USB-kabel, waardoor het gebruik van de bril in contexten waar men zeer mobiel moet kunnen zijn minder aangeraden zijn. Er bestaan echter mogelijkheden om deze bril mobiel te gaan gebruiken wanneer deze wordt aangesloten met een laptop/surface tablet en door de proefpersonen via een rugzak gedragen wordt.

Verder is de eyetracker 3D-geprint, wat als voordeel heeft dat de eyetracker zeer licht is. Alle onderdelen van deze eyetracker zijn

ook makkelijk apart verkrijgbaar zodat er bij schade niet meteen een volledig nieuwe eyetracker moet worden aangekocht.



Een ander groot voordeel bij deze eyetracker is dat er al in de software “surface tracking” is ingebouwd. Via het aanbrengen van markers in de omgeving is het mogelijk om automatisch de data te gaan plotten op het via de markers aangeduide vlak.

Software

Het grote voordeel aan de pupil core is dat er een grote community beschikbaar is voor ontwikkelaars en alles open-source wordt aangeboden, waaronder pupil Capture en Pupil Player software waarmee makkelijk opnames kunnen worden gemaakt. Analysesoftware is echter niet beschikbaar maar compatibele gebruiksklare software kan wel extern worden aangeschaft (vb. Imotions).

Technische kenmerken:

- Sampling frequentie:200 Hz
- Aantal oogcamera's: 2
- Trackingtechniek: dark pupil
- Pupilmeting: ja, absolute grootte

PUPIL INVISIBLE

VOORDELEN

- **GROTE COMMUNITY VOOR DEVELOPERS**
- **3D GEPRINT, ONDERDELEN MAKKELIJK APART TE VERKRIJGEN**
- **OPEN SOURCE RECORDINGSOFTWARE**
- **REALISTISCH UITZICHT**
- **MAKKELIJK TE BEDIENEN VIA APP**

NADELEN

- **GEEN EIGEN ANALYSESOFTWARE BESCHIKBAAR**

De pupil invisible is een eyetracker die eruitziet als een gewone bril en werd ontwikkeld met een focus op gebruiksvriendelijkheid en gebruik in een toegepaste context.

De eyetracker is semi-draadloos en wordt via een usb kabel gekoppeld aan een smartphone waarmee de opnames kunnen gemaakt worden. De verzamelde data kan automatisch geüpload worden naar een bijhorende cloud van Pupil.

Verder is deze bril ook zeer gebruiksvriendelijk omdat er in tegenstelling tot bij veel andere eyetrackers geen kalibratie dient te gebeuren.

Hiernaast is de bril ook aangepast om te functioneren in outdoor - settings, en kan er succesvol data kan worden opgenomen in zeer zonnige omgevingen. Verder is de bril ook niet zwaar, waardoor hij voor de drager ook zeer comfortabel zit.

Technische kenmerken:

- Sampling frequentie:200 Hz
- Aantal oogcamera's: 2

MICROSOFT HOLOLENS 2

VOORDELEN

- **KRACHTIGE PROCESSOR EN GEHEUGEN**
- **STANDALONE**
- **EYETRACKING & HANDTRACKING**
- **SPRAAKGESTUURD**

NADELEN

- **GEWICHT**
- **LAGE REFRESH RATE (75HZ)**
- **BATTERIJDUUR**
- **PRIJS**
- **BUILDEN NEEMT VEEL TIJD IN BESLAG**

De Hololens 2 is een augmented reality headset, uitgebracht door Microsoft en hoofdzakelijk ontworpen voor zakelijk gebruik. De bril draait op Windows en kan koppelen met de bestaande Windows functionaliteiten (vb. Teams).

Tracking en sensoren

De HoloLens 2 is een standalone headset, wat wil zeggen dat deze niet hoeft te worden aangesloten op een externe PC. Ook de tracking gebeurt vanuit de headset zelf, waardoor de Microsoft HoloLens 2 ideaal is om mobiel te kunnen gebruiken en verplaatsen. De Hololens beschikt eveneens over ingebouwde eyetracking. Deze ingebouwde technologie maakt het mogelijk om de interactie tussen de gebruiker en de augmented reality ervaring te verbeteren (vb. beelden op de juiste plaats positioneren op basis van eyetracking, selecteren van items door ernaar te kijken,...).

Verder beschikt de Hololens 2 ook over bewegingssensoren die handgebaren kunnen detecteren waarmee de bril bediend kan worden. Hij beschikt ook over spraakherkenning en AI, waardoor de bril beter kan reageren op commando's.

Resolutie

De Hololens heeft een scherm met een resolutie van 1440x2560 pixels met een groot schermgebied. De hologrammen zijn redelijk scherp en deels doorzichtig maar ook niet helemaal. Hoewel de resolutie van de Microsoft Hololens 2 een verbetering is ten opzichte van de eerste generatie, zijn er nog beperkingen zoals bijvoorbeeld de beeldkwaliteit, die kan afnemen wanneer de gebruiker zich verplaatst.

Bediening

Er zijn een aantal bedieningselementen in de interface. Zo is het mogelijk om hologrammen direct met de handen te manipuleren om ze groter of kleiner te maken of te draaien. Ook is er een 'pinch-slider' mogelijk door de handherkenning. Door je vingers samen te knijpen, kun je een slider in de interface naar links of naar rechts vegen.

Een handige manier van bedienen zijn ook de knoppen. Dat zijn namelijk holografische weergaves van echte knoppen en die moet je indrukken op het punt in de ruimte waar de HoloLens ze projecteert.

Comfort

De bril zit behoorlijk comfortabel maar kan wel zwaar beginnen aanvoelen wanneer deze gedurende een langere periode gedragen wordt. Hierdoor is de Hololens niet geschikt om een volledige dag op te hebben.

MAGIC LEAP 2

VOORDELEN

- **KRACHTIGE PROCESSOR EN GEHEUGEN**
- **EYETRACKING & HANDTRACKING**
- **SPRAAKGESTUURD**
- **HOGE REFRESHRATE, FIELD-OF-VIEW EN RESOLUTIE**

NADELEN

- **PRIJS**
- **NIET DRAADLOOS**

De Magic Leap 2 is een krachtige binoculaire AR-headset die 3D-objecten in realtime kan projecteren boven op de fysieke wereld. De Magic Leap 2 is speciaal gebouwd voor diverse toepassingen, zoals ontwerpprojecten, opleidingen en 3D-visualisaties.

Tracking en sensoren

De Magic Leap 2 beschikt over sterke spatial mapping mogelijkheden. Dankzij spatial mapping kunnen virtuele objecten of hologrammen interageren met de fysieke werkelijkheid. Verder heeft de Magic Leap 2 sensoren die voortdurend de omgeving scannen en verwerken, waardoor de 3D-objecten en informatie kunnen worden geprojecteerd en er interactie mee kan plaatsvinden alsof ze deel uitmaken van uw omgeving. De augmented reality-mogelijkheden maken het ideaal voor simulaties, het maken van 3D-visualisaties en ontwerpprojecten.

De Magic Leap beschikt ook over 4 eyetracking camera's waardoor ook oogbewegingen kunnen worden geregistreerd met deze headset.

Resolutie

De Magic Leap 2 heeft een gezichtsveld van 70 graden en scoort daarmee een stuk beter dan de Hololens (52°). Het grote gezichtsveld maakt realistischere interacties en visualisaties mogelijk tussen de digitale en fysieke wereld. Met een groter gezichtsveld kunnen grotere digitale objecten namelijk in beeld blijven en worden deze niet half worden afgesneden wanneer de drager het hoofd draait, wat een betere en natuurlijkere ervaring oplevert. Hierdoor kan bijna elk 3D-model in beeld worden gebracht waardoor er niet op en neer moet worden gekeken om grote modellen te gaan bekijken. Hiernaast is ook de refresh rate (120 Hz) een stuk beter dan deze van de Hololens (75Hz)

Bediening

De Magic Leap 2 is voorzien van meerdere invoermogelijkheden. De Magic Leap 2 kan worden bestuurd met een controller, hand tracking, eyetracking, spraakbesturing en optioneel met andere bluetooth-apparaten. Niet alleen kunnen al deze methoden worden gebruikt, maar ze kunnen ook tegelijkertijd worden gebruikt. De magic Leap 2 is te besturen met handgebaren maar maakt ook gebruik van controllers.

Comfort

De Magic Leap 2 is bovendien extreem licht: de bril weegt slechts 260 gram. Dit is te danken aan het feit dat Magic Leap alle verwerkingskracht en de batterij heeft verplaatst naar een apart extern apparaat dat via een kabel met het apparaat is verbonden. Het externe apparaat kan in een tas worden gestopt of via een clipsysteem aan kledij worden bevestigd. Door het gebruik van de externe verwerkingseenheid en de batterij is de Magic Leap 2 lichter maar toch krachtiger dan zijn concurrenten en kan hij gedurende lange tijd zonder problemen worden gedragen.

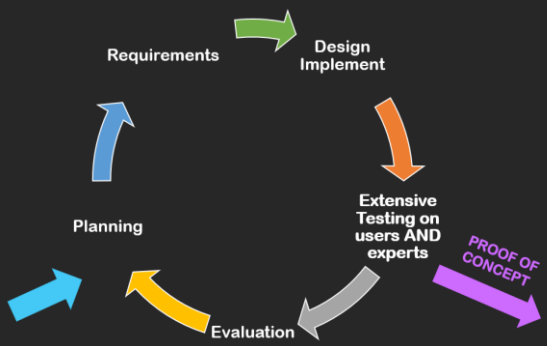
DEEL 3

USE CASES

INTRO

Als introductie van de verschillende use cases leggen we graag het proces uit dat we hebben gehanteerd om deze use cases te selecteren en definiëren. Om te vermijden dat we zuiver vanuit een technische of wetenschappelijke invalshoek naar een sector keken zijn we altijd eerst in gesprek gegaan met de bedrijven en organisaties. Door te focussen op de grootste uitdagingen in hun sector en leefwereld probeerden we te komen tot use cases die een maximale impact en meerwaarde zouden hebben. Eens we de grootste uitdaginen hadden gedetecteerd konden we deze trachten te matchen met de huidige technische en wetenschappelijke state-of-the-art. In dit matchingsproces focusten we op use cases met de grootste meerwaarde maar ook op de use cases die het meest haalbaar waren. Op basis van deze twee parameters konden we dan de beste use cases selecteren waarna we aan de slag konden.

Zoals je in onderstaande afbeelding kunt zien konden we nadien beginnen plannen, bepaalden we de specifieke voorwaarden/eisen en begonnen we dit in een eerste versie van de applicatie of oplossing te implementeren. Heel erg belangrijk is dat, doordat we in-house konden ontwikkelen, we zeer snel de applicatie konden testen op zowel de eindgebruikers als bij de domeinexperten. Op deze manier konden we snel evalueren of onze applicatie maximaal het doel diende en konden we snel bijsturen indien nodig. Deze toetsing is cruciaal omdat de praktijk ALTIJD zaken naar boven brengt die moeilijk op voorhand in te schatten zijn, en dat kan zowel met de gebruiker te maken hebben als met de omstandigheden.



Afbeelding 9. Iteratieve ontwikkelingscyclus

USE CASE #1:

Assessment militaire vaarexpertise via mobiele eyetracking

PROBLEEMSITUERING

Tijdens een verkennend overleg en een brainstorm op het eerste contactmoment werd aangekaart dat binnen Defensie een groot personeelstekort heerst dat in de komende jaren nog verder dreigt toe te nemen door onder meer een aankomende pensioengolf. Tussen oktober 2020 en januari 2025 zullen zo'n 5460 militairen op pensioen gaan, waardoor Defensie de capaciteit van het aantal effectieven zal zien dalen met zo'n 22%. Hierdoor zal Defensie verder inzetten op rekrutering en wordt een instroom voorzien van zo'n 2300-tal nieuwe militairen per jaar. Al deze nieuwe krachten zullen moeten worden opgeleid, waardoor het een uiterste noodzaak wordt om deze opleidingen zo efficiënt mogelijk te gaan aanbieden en organiseren. Dit is niet altijd vanzelfsprekend omwille van de specifieke contexten waarin men bepaalde vaardigheden aangeleerd dient te krijgen. Het inzetten van nieuwe technologieën hiervoor zou een absolute meerwaarde kunnen betekenen wanneer hierdoor nieuw personeel sneller kan worden opgeleid. De Belgische Marine – onderdeel van Defensie - uitte interesse om mee te werken aan een use case binnen ExpertGaze waarbij via mobiele eyetracking wordt onderzocht hoe kijkpatronen van experts ten opzichte van niet-experts verschillen. Op dit moment is de opleiding van rekruten zo georganiseerd dat er een vast aantal uur opleiding moet worden doorlopen, waarbij de rekruut bijna constant 1 op 1 wordt bijgestaan tijdens het gedeelte waarin de vaarmanoeuvres moeten worden ingeoefend. Via het inzetten van mobiele eyetracking zouden mogelijks snellere en objectievere inzichten kunnen bekomen worden omtrent aan/afwezigheid van expertise bij het marinepersoneel en kunnen deze inzichten hiernaast ook gebruikt worden om nieuw personeel vlotter op te leiden.

VOORGESTELDE OPLOSSING

Om te bepalen of mobiele eyetracking een meerwaarde zou kunnen bieden bij het detecteren van expertise in een marinecontext werd voorgesteld om het kijkgedrag van commandanten te registreren tijdens het uitvoeren van een vaarmanoeuvre. De bedoeling was enerzijds om te gaan onderzoeken of de hardware op een vlotte en betrouwbare manier kan worden ingezet voor de registratie van het kijkgedrag specifiek

binnen een maritieme context. Hiernaast wilden we ook onderzoeken of er duidelijke en informatieve verschillen in kijkpatronen gedetecteerd kunnen worden bij experts ten opzichte van niet-experts.

Afbeelding 10. Ready Duty Ship

ONDERZOEKSOPZET

Er werd een eyetracking studie opgezet die plaatsvond in samenwerking met de Koninklijke Belgische Marine in de haven van Zeebrugge.

In deze studie werd tijdens een eerste opname het kijkgedrag van 4 ervaren commandanten (3-13 jaar ervaring) in kaart gebracht bij het uitvoeren van een vast vaarmanoeuvre, namelijk het meren van een patrouillevaartuig (Ready Duty Ship). Bij een tweede opname werd een rekruut getest die na het doorlopen van een opleiding van 6 maanden voor de eerste keer met dit specifiek type schip het manoeuvre mocht uitvoeren. Tijdens dit manoeuvre werd het schip manueel bediend en moesten er ook instructies gegeven worden aan een 15-tal andere bemanningsleden.

Iedere deelnemer voerde hetzelfde manoeuvre (zie afbeelding) uit in een identieke volgorde. Eerst werd het schip afgemeerd. Hierna voerde het schip in de haven een draaiing uit, waarna het de haven uitvoer. Eenmaal uit de haven werd via een Williamson turn opnieuw koers gezet richting de haven, waarna het schip opnieuw aangemeerd moest worden op de oorspronkelijke locatie.

Afbeelding 11.

Het manoeuvre bestond uit een aantal vaste fases waartussen het kijkgedrag werd vergeleken:

Fase	Omschrijving
0	Voorbereidingsfase
1A	Testen propulsie
1B	Testen boeg
2	Losmaken trossen
3	Afmeren
4	Draaiing in de haven
5	Uitvaart, rondvaart en binnenvaart in de haven
6	Invoegen
7	Vastmaken trossen

Tijdens het uitvoeren van het manoeuvre werd het kijkgedrag geregistreerd met een Tobii Glasses 2 mobiele eyetracker. Deze eyetracker bestaat uit een bril en recording unit. De bril wordt opgezet zoals een normale bril en de recording unit wordt bevestigd aan de kledij van de gebruiker. Hierdoor konden de commandanten zich blijven verplaatsen tijdens de testing.

Tijdens een eerste opname was het voornamelijk de bedoeling om te onderzoeken of mobiele eyetracking succesvol kon ingezet worden in een maritieme context. Bij de tweede opname werd voornamelijk gefocust op het vergelijken van het kijkgedrag tussen experts en niet-experts. Omdat de rekruut nog te weinig ervaring had om alle fasen van het manoeuvre zelfstandig te doorlopen, werd er gekozen om enkel te focussen op de fasen waarin er

weinig tot geen extra begeleiding nodig was door de meer ervaren bemanning.

Afbeelding 12.

Na het verzamelen van de oogbewegingsdata werden metrieken afgeleid voor verschillende areas of interest die van belang konden zijn tijdens het besturen van het schip.

De areas die werden meegenomen in de analyses waren alle schermen en bedieningsknoppen die zich op het dashboard bevinden. Verder werd er ook bepaald in welke mate er gekeken werd naar andere bemanningsleden, de boeg, het water, de achterzijde van het schip en andere schepen.

Afbeelding 13.

Een aantal onderzoeksvragen werden geformuleerd om na te gaan of via mobiele eyetracking informatieve inzichten over het kijkgedrag kunnen worden afgeleid in een maritieme context:

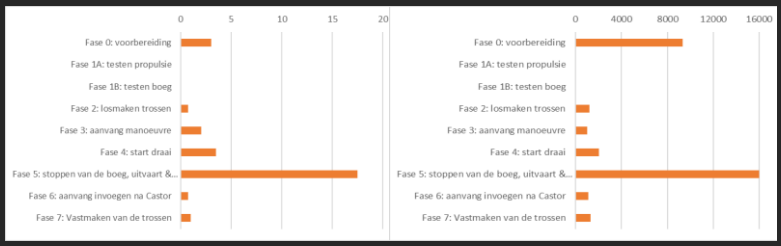
- Tijdens welke fase van het vaarmanoeuvre valt men meest terug op het GPS-systeem (opname 1)?
- Hoe vaak worden de informatieschermen geraadpleegd die zich boven het hoofd van de commandant bevinden en dus niet meteen in het directe gezichtsveld (opname 2)?
- Hoe vaak wordt er beroep gedaan op verschillende cruciale oriëntatiepunten tijdens het afmeren van het schip (opname 2)?
- Hoe lang wordt er gekeken naar zones die belangrijk zijn voor het besturen van het schip (opname 2)?

RESULTATEN

Tijdens welke fase van het vaarmanoeuvre valt men het meest terug op het GPS-systeem?

Het schip waarop de opnames gebeurden wordt in de meeste gevallen ingezet voor surveillance- en navigatiedoeleinden. Hierbij is het van belang dat bepaalde schermen, zoals het GPS-scherm voldoende en regelmatig bekeken worden.

Afbeelding 14. GPS-scherm (links) en detail van GPS-scherm(rechts)



Afbeelding 15. Links: Aantal visits per fase, Rechts: Fixatieduur per fase

Uit de resultaten bleek dat zoals verwacht, het GPS-scherm vooral bekeken werd wanneer het belangrijk was om te verifiëren of het schip de juist richting aan het uitvaren was. Bij het uitvaren van de haven en het positioneren van het schip om een draaiing uit te voeren was het belangrijk om zicht te houden op het traject en de omgeving waarin of waartussen genavigeerd kan worden, alsook op andere schepen die in de buurt aanwezig zijn. In lijn van de verwachtingen observeerden we dan ook dat tijdens deze fases er langer werd gekeken naar het GPS-scherm (langere fixatieduur) en er vaker werd teruggekeken (meer visits).

Afbeelding 16. Bij het uitvaren van de haven werd er vooral vaak bekeken hoe de koers best verder wordt gezet op het GPS-scherm door telkens de kustlijn te gaan bekijken en achtereenvolgens het GPS-scherm.

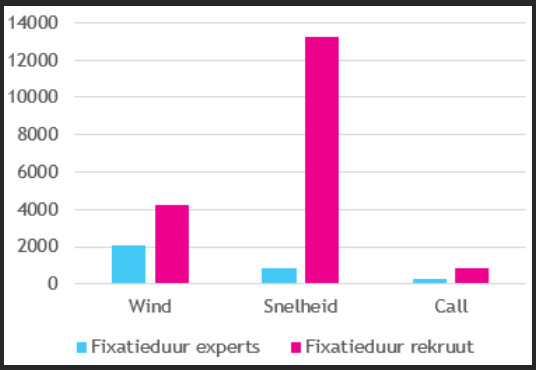
Hoe lang worden de informatieschermen geraadpleegd die zich niet in het directe gezichtsveld bevinden en zijn er verschillen tussen experts en niet-experts?

Boven het hoofd van de commandant bevinden zich enkele belangrijke informatieschermen die informatie verschaffen over de windrichting en de snelheid. Verder is er ook een scherm aanwezig waarop inkomende oproepen worden gemeld. Deze schermen bevinden zich niet in het directe gezichtsveld van de commandant waardoor meldingen of afwijkende informatie doelbewust in de gaten moet worden gehouden.

Uit de resultaten valt af te leiden dat gemiddeld genomen, zowel experts als rekruten het langst keken naar het scherm dat de snelheid aangaf (langste fixatieduur). Wanneer experts worden vergeleken met de rekruut zijn er echter grote verschillen, waarbij de rekruut veel langer keek naar alle schermen. Dit was het meest uitgesproken voor de snelheid. Meer data dient echter verzameld te worden, aangezien individuele analyses aantonen dat er onderling wel grote verschillen zijn qua kijkpatronen tussen

commandanten. Door het verzamelen van bijkomende data zou kunnen uitgemaakt worden of de verschillen qua ‘stijl’ te wijten zijn aan een verschil in specifieke ervaring, skills, training,… De heatmaps (fixatieduur) op basis van de reeds verzamelde data tonen aan dat er 3 stijlen te onderscheiden waren bij de experts wanneer er wordt gekeken naar hoe de visuele aandacht relatief gezien verdeeld is tussen deze drie schermen.

Afbeelding 17. Overzicht van de drie controleschermen



Afbeelding 18. Fixatieduur op de drie controleschermen voor de rekruut en de experts

Afbeelding 19. Heatmaps (fixatieduur)

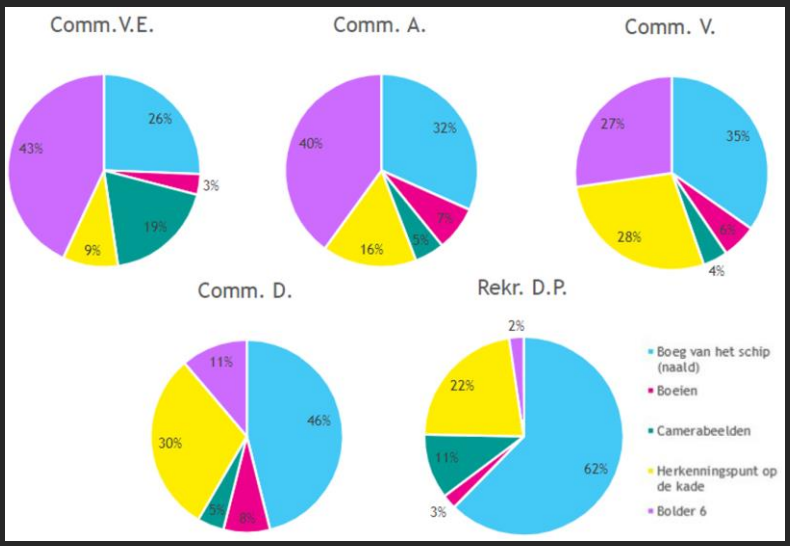
Hoe vaak wordt er beroep gedaan op verschillende cruciale oriëntatiepunten tijdens het afmeren van het schip en zijn er verschillen tussen experts en niet-experts?

Tijdens het afmeren van het schip dient de commandant rekening te houden met een aantal oriëntatiepunten om de positie te bepalen ten opzichte van de kade. Het is hierbij heel belangrijk dat het volledige schip parallel wordt afgemeerd met de kade om botsingen met de kadewand te vermijden.

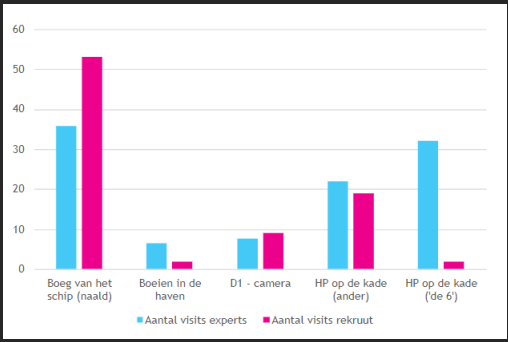
Afbeelding 20.

Uit de resultaten blijkt dat er verschillen op te merken waren per oriëntatiepunt, waarbij de rekruut relatief vaker naar de boeg van het schip keek en een stuk minder naar bolder 6, één van de bolders op de kade waar de experts net heel vaak naar keken.

Ook nu konden er opnieuw verschillende “stijlen” onderscheiden worden tussen de commandanten, waarbij er relatief gezien een graduele daling was in het aantal keer dat bolder 6 werd geraadpleegd en een toename van het aantal keer dat de boeg werd bekeken over de commandanten. Opvallend was ook dat de rekruut relatief gezien veel vaker de camerabeelden raadpleegde dan de meesten van de experts, met uitzondering van één expert.



Afbeelding 21. Relatieve verdeling van het aantal visits over de verschillende oriëntatiepunten

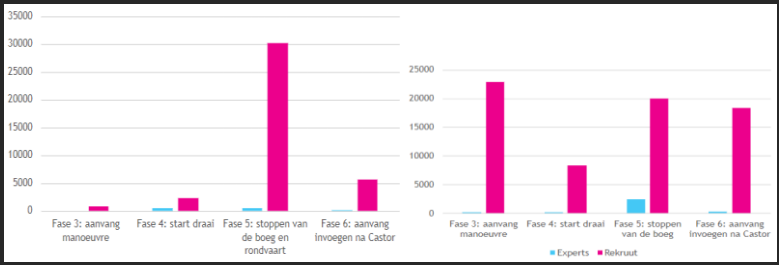


Afbeelding 22. Aantal visits per oriëntatiepunt voor de experts en de niet-experts

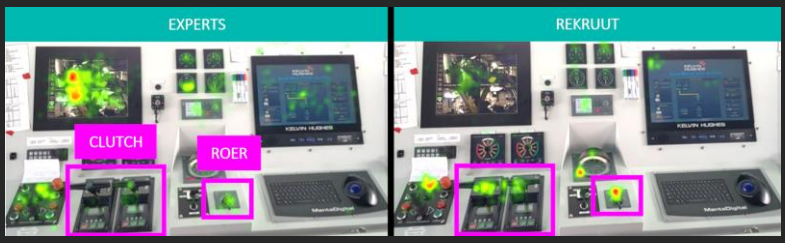
Hoe lang worden de zones van het schip bekeken die belangrijk zijn voor het manueel besturen van het schip en zijn er verschillen tussen experts en niet-experts?

Tijdens het besturen van het schip is het van belang dat informatieschermen en de omgeving zo goed mogelijk in de gaten worden gehouden. Onderdelen zoals het roer en de clutch kunnen door ervaren commandanten bediend worden zonder deze visueel te gaan raadplegen, waardoor meer tijd vrijkomt om andere crucialere schermen te monitoren.

Tijdens alle opgenomen fasen kon geobserveerd worden dat de rekruut veel langer keek naar het roer en de clutch dan de experts. Voor het roer was het verschil het grootst tjidens fase 5, waarin het schip gedraaid moest worden en zijn koers moest wijzigen. Ook het kompas en de camera werden langer bekeken door de rekruut in vergelijking met de experts.



Afbeelding 23. Fixatieduur op het roer (links) en de clutch (rechts) per fase voor experts versus de rekruut



Afbeelding 24. Heatmaps (fixatiduur) experts versus rekruut

UITDAGINGEN

Het verzamelen van eyetrackingdata in een marinecontext ging gepaard met enkele uitdagingen. Enerzijds bleek dat de lichtinval sterk kon variëren waardoor er soms dataverlies was. Ook was het zo dat in dergelijke specifieke contexten als de marine geen grote groepen commandanten konden worden verzameld om te testen, aangezien rekruten ook telkens maar één per één worden toegelaten in de praktijksessies waar onze opnames plaatsvonden. Ook waren er geen longitudinale opnames waardoor het moeilijker was om op te volgen hoe kijkpatronen eventueel gradueel veranderden tijdens de opleiding richting een expertpatroon. Verder stootten we net als bij de use case van Waak op het feit dat de codering van de beelden een grote tijdspanne in beslag neemt en bemoeilijkt dit de praktische inzetbaarheid in het kader van opleidingen. Dit probleem wordt verder uitgelicht in de use case van Waak (pg. 76).

IMPLEMENTATIE EYETRACKING IN EEN MARITIEME CONTEXT

Naast de use case die werd uitgevoerd werd er een bijkomende proof of concept uitgewerkt van een toepassing waarbij eyetracking ook op een andere manier een meerwaarde zou kunnen hebben binnen een maritieme context.

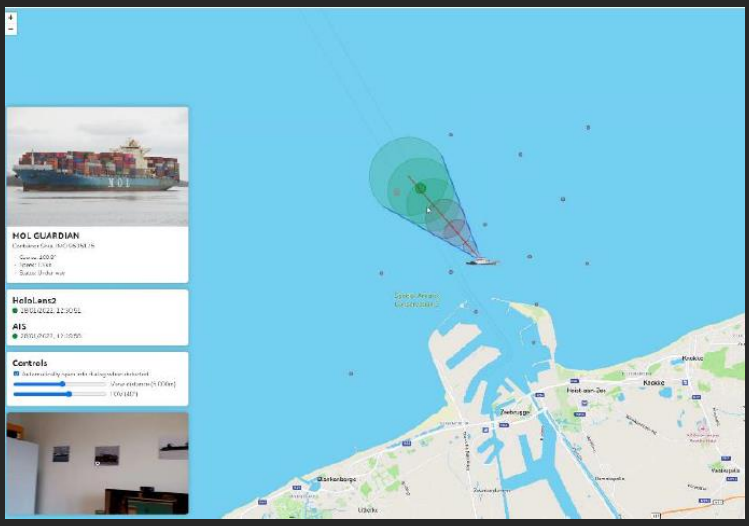
Tijdens de opnames voor de use case werd namelijk duidelijk dat er ook nood was aan snellere methoden om omliggende schepen te identificeren. Het marinepersoneel moet omliggende schepen nog steeds observeren met een verrekijker om hierna manueel op te zoeken in een databank welk vaartuig er werd gezien. Dit is een

behoorlijk tijdrovende bezigheid waarbij het (deels) automatiseren van dit proces een grote tijdswinst zou kunnen opleveren.

Afbeelding 25. Gebruiker van hololens in maritieme omgeving

In samenwerking met de Belgische Marine werd er als onderdeel van een bachelorproef een hololens applicatie gemaakt waardoor automatisch de schipdetails worden geprojecteerd bij het bekijken van een bepaald schip in de omgeving. Hierdoor kunnen bemanningsleden handsfree en op een realtime manier informatie raadplegen. Hiernaast werd er ook een webapplicatie ontwikkeld waarmee alles wordt gelivestreamed naar een webomgeving zodat de rest van de bemanning op het schip of aan wal ook kan meevolgen.

Het bepalen van het type schip en de daarbij horende informatie die moest geprojecteerd worden gebeurde op basis van de kijkrichting en een algemene databank met positionerings- en trajectgegevens van de schepen (AIS). Door beide types gegevens te gaan koppelen kon een snellere inschatting gemaakt worden en werd via deze proof of concept aangetoond dat eyetracking ook interactief kan gebruikt worden in een maritieme omgeving.



Afbeelding 26. Overzicht van de marine webapplicatie

TAKE AWAY

- In de studie kon worden aangetoond dat er verschillen waren in kijkgedrag tijdens het uitvoeren van een vaarmanoeuvre tussen experts en een niet-expert. Ook onderling onder de experten konden verschillende ‘stijlen’ geïdentificeerd worden, al is er bijkomend onderzoek nodig op grotere groepen om deze bevindingen te valideren.
- Eyetracking blijkt inzetbaar in een maritieme context al zorgt het ontbreken van een oplossing om data automatisch te gaan coderen ervoor dat het inzetten ervan in het kader van bijvoorbeeld opleidingen te tijd- en arbeidsintensief zal zijn.

USE CASE #2:

Assessmenttool via mobiele eyetracking in een maatwerkcontext

PROBLEEMSITUERING

Uit de brainstorm die georganiseerd werd tijdens het eerste contactmoment van ExpertGaze kwam naar voor dat het ontbreken van betrouwbare en objectieve methoden om het ervaringsniveau van een werknemer te bepalen voor veel bedrijven de weg naar een meer gepersonaliseerde operatorondersteuning bemoeilijkt. Hierdoor is het vaak moeilijker om een gepaste jobinhoud aan te bieden, zicht te krijgen op de leerprocessen en in functie daarvan de jobinhoud of werkomgeving aan te passen. Dit probleem komt nog specifieker naar voor bij doelgroepmedewerkers binnen een maatwerkcontext, aangezien standaard beoordelingsmethoden vaak gebaseerd zijn op vaststaande criteria en veronderstellingen die niet van toepassing zijn op deze groep. Dit kan leiden tot onnauwkeurige of onvolledige informatie over de capaciteiten van de doelgroepmedewerkers, waardoor hun kansen dat ze ingezet zullen worden in de meest passende job/werkomgeving worden beperkt. Binnen de scope van het project werd bekeken of eyetracking kan worden ingezet als onderdeel van een assessmenttool om het ervaringsniveau van zowel ervaren medewerkers als onervaren medewerkers te gaan beoordelen.

AANZET USE CASE

Tijdens de startfase van ExpertGaze werd een verkennend bedrijfsbezoek uitgevoerd bij Waak, één van de maatwerkbedrijven die onderdeel uitmaken van de begeleidingsgroep van ExpertGaze. Dit bedrijf, gelegen in Kortrijk telt zo’n 3000-tal werknemers met een afstand tot de arbeidsmarkt en heeft als kerndoelstelling het tewerkstellen van deze profielen door middel van praktijkgerichte opleidingen en werkervaringsprojecten om zo hun zelfredzaamheid en inclusie te versterken. Ook zij gaven aan in de brainstorm dat objectieve beoordeling van hun doelgroepmedewerkers soms moeilijk verloopt en een voorgestelde jobinhoud soms alsnog niet blijkt te matchen met de initiële verwachtingen van de beoordelaars. Verder verloopt de aanwerving van nieuwe werkkrachten aan een hoog tempo, waardoor een winst in (tijds)efficiëntie een grote meerwaarde zou kunnen betekenen.

Afbeelding 27. Medewerkers bij Waak

In het verkennend bedrijfsbezoek werden verschillende taken uitgelicht en uitgeprobeerd waarvan een toevoeging van eyetracking mogelijks een meerwaarde zou kunnen bieden om sneller objectieve gegevens te bekomen over het ervaringsniveau van de werknemers. Tijdens vier verschillende taken werd er getest of het inzetten van mobiele eyetracking mogelijk was in combinatie met de werkomstandigheden en er bijgevolg ook nuttige en geschikte data gecapteerd kon worden.

Taak 1: Kabel uitleggen op een groot montagebord

Taak 2: Positioneren van krimpkousen op een kabel volgens instructies op een werkbon

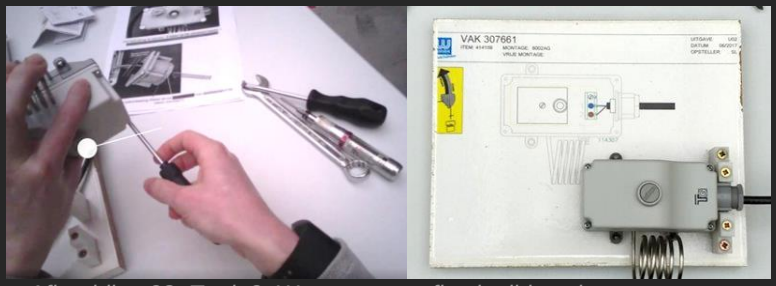
Taak 3: Monteren van kabel aan de hand van foto's met behulp van een voormontagebord

Taak 4: Verpakken van materialen voor verzending via weegsoftware en telwegen

De taak die het meest mogelijkheden bood was de taak waarbij een kabel gemonteerd diende te worden met behulp van een

voormontagebord. Deze taak beschikte over enkele voordelen ten opzichte van bepaalde andere taken namelijk:

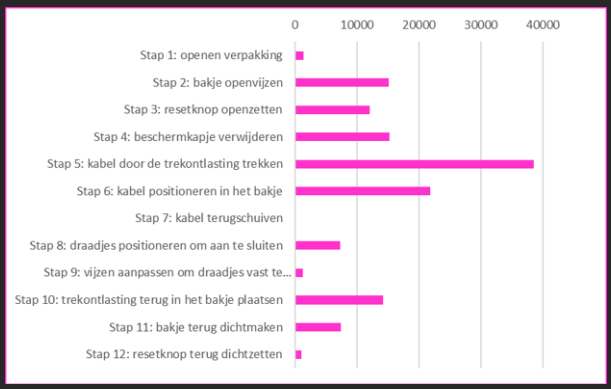
1. **De mogelijkheid tot het mobiliseren van de taak set-up** en deze zo makkelijk op meerdere locaties in te zetten. Een kabelbord set-up is makkelijk verplaatsbaar, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een weegpost.
2. **Een vast en gemiddeld aantal te doorlopen stappen die noodzakelijk zijn** om de taak correct uit te voeren. Teveel verschillende taakuitvoeringsmogelijkheden leiden tot minder makkelijk interpreteerbare en vergelijkbare resultaten.
3. **Cognitief voldoende belastend.** Taken zoals het positioneren van krimpkousen waarbij routinematig een handeling uitgevoerd dient te worden bleken minder interessant om eyetracking aan toe te voegen.
4. **Veel variatie mogelijk in taakmoeilijkheid en gevraagde vaardigheden.** Het niveau van moeilijkheid qua monteren van een kabel kan gevarieerd worden door de vraag naar meer/minder gerichte, doordachte en fijnmotorische handelingen.
5. **Bestaande eyetracking hardware is sensitief genoeg om verschillen in kijkgedrag te registreren.** Bij taken zoals bijvoorbeeld het uitleggen van een kabel op een groot montagebord waren de eyetrackingbeelden niet scherp genoeg om na te gaan welke detailinformatie op de kabel wel/niet werd bekeken.



Afbeelding 28. Taak 3: Weergegeven fixatie tijdens het monteren van kabel aan de hand van papieren handleiding met behulp van voormontagebord (rechts)

Tijdens de taak moet een kabel vastgeschroefd worden in een isolator en dient ook de kabeldoos gedemonteerd te worden. Via eyetracking kon er nagegaan worden welke zones er tijdens elke stap van de taak het meest bekeken werden. Voor de testsessie werd er gekozen om te focussen op de handleiding. Op die manier

kon een overzicht opgesteld worden van de mate waarin er gebruik werd gemaakt van de handleiding tijdens elke deelstap van de taak.



Afbeelding 29. Totale fixatieduur op de handleiding tijdens elke fase van de taak

VOORGESTELDE OPLOSSING

Gebaseerd op de voorbereidende testen en overleg met verschillende diensten binnen Waak werd er specifiek voor ExpertGaze een kabelbord ontworpen, gericht op gebruik voor assessment van instromende medewerkers. Op dit testbord kon een kableringsopdracht uitgevoerd worden waarbij een selectie van veel gevraagde deelvaardigheden die nodig zijn voor een succesvolle inzet in de bekabelingsafdeling konden worden getest. De geteste vaardigheden konden telkens ingedeeld worden volgens de mate waarin grove/fijne motoriek vereist is en de mate van complexiteit en de daarbij horende gevraagde cognitieve inspanning.

Via het opzetten van een onderzoek wilden we nagaan of we met behulp van mobiele eyetrackingtechnologie verschillen konden observeren tussen experts en niet-experts en deze informatie kan gebruikt worden om een assessmenttool verder vorm te geven.

Er werd specifiek gekozen voor mobiele eyetracking omdat deze technologie toelaat om visuele aandacht via oogbewegingen te meten bij personen die zich vrij dienen te kunnen bewegen in hun omgeving. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een Tobii Glasses 2.

Afbeelding 30. Kabelbord tijdens het ontwerpproces (links) en Tobii Glasses 2 (rechts)

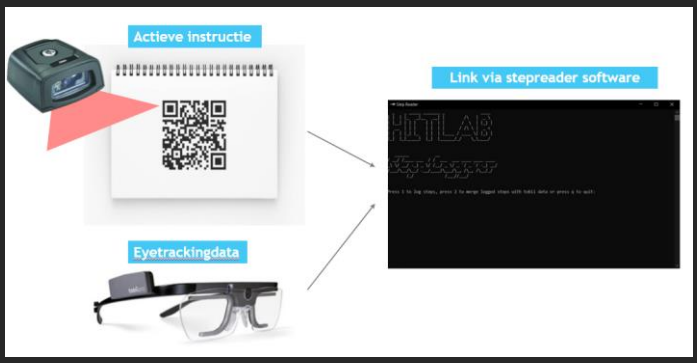
ONDERZOEKSOPZET

Er werd een studie opgezet waarbij testpersonen via stapsgewijs aangeboden instructies een kableringsopdracht op het bord moesten uitvoeren. Een testopstelling werd voorzien die de werkomgeving van Waak sterk benaderde en waarbij ook de gebruikte tools en het basismateriaal origineel afkomstig waren van Waak. Ook werd er net zoals bij Waak een toestel aangekoppeld aan het bord waarmee bepaalde sloten konden worden bediend. Hiermee konden regio's op het bord geblokkeerd worden wanneer één of meerdere stappen tijdens de taak niet correct werden gevolgd.

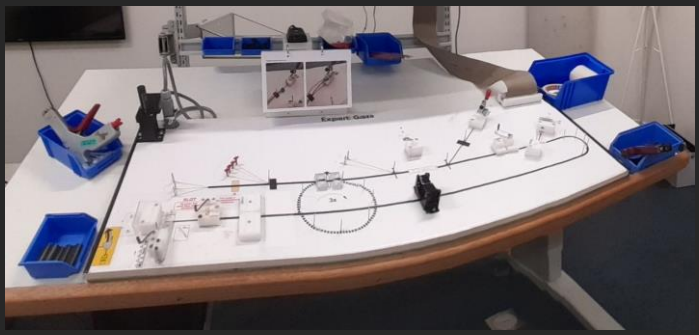
Tijdens de opdracht dienden de proefpersonen zich te baseren op papieren instructies die centraal werden aangeboden op het bord. Er werd gekozen voor papieren instructies omdat digitale instructies voor doelgroepmedewerkers binnen Waak minder evident bleken om mee te werken. Dit bracht echter een extra moeilijkheid met zich mee, namelijk dat de instructiestap waarin men zich bevond niet automatisch kon worden gelogd. Hiervoor werd een QR-code scanner en eigen gemaakte software voorzien, zodat er per tijdseenheid van registratie kon worden afgeleid naar welke instructiestap de proefpersoon aan het kijken was.

De instructies werden aangeboden met behulp van een flip-over systeem, waarbij op de achterzijde telkens de QR-code geprint stond die overeenkwam met de actieve instructie. De scanner stond gemonteerd vlak achter het instructieboekje zodat de QR-code telkens automatisch kon worden gescand. Het registreren van QR-codes op de voorzijde van de actieve instructies werd

uitgetest maar bleek niet te werken, aangezien de camerabeelden van de omgevingscamera van de eyetracker te onscherp waren om een QR-code eruit te identificeren.

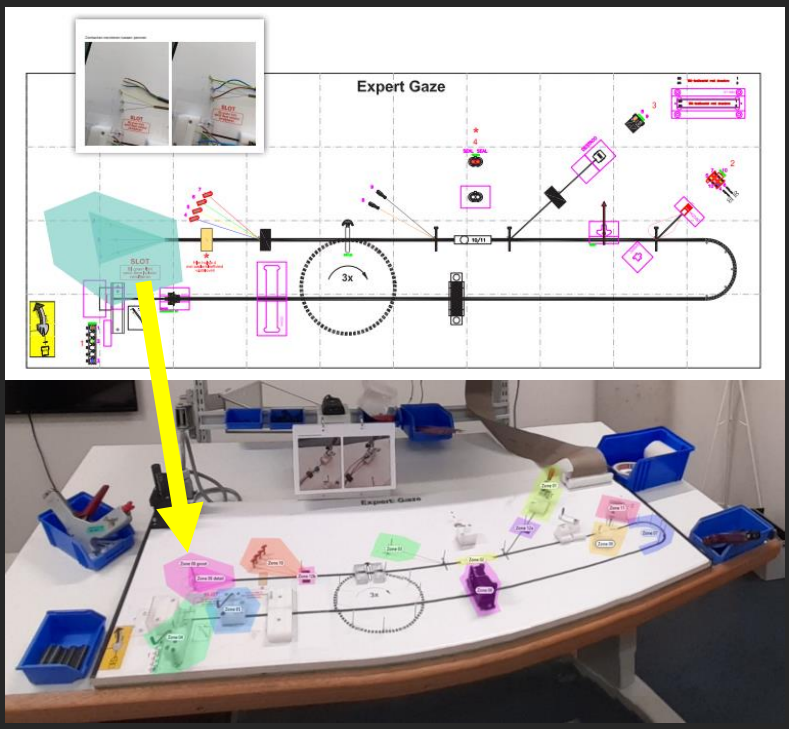


Afbeelding 31. Overview van scanoplossing



Afbeelding 32. Overzicht van de testopstelling

De opdracht zelf bestond uit 19 verschillende deelstappen die achtereenvolgens werden uitgevoerd en overeenkwamen met ‘kritieke regio’s’ op het kabelbord. Kritieke regio’s zijn regio’s waarin één of meerdere acties plaatsvinden en zones die noodzakelijk bekeken dienden te worden om de stap succesvol te vervolledigen. Onderstaand voorbeeld illustreert een kritieke zone op het bord (groen aangeduid) die van belang was tijdens stap 8, waarbij contacten gemonteerd dienden te worden tussen enkele pennen.



Afbeelding 33

Via eyetracking konden we nagaan of de belangrijke kritieke zones geraadpleegd werden en of de visuele aandacht bijgevolg taakgericht was of niet. Ook werd er onderzocht of twijfelgedrag eveneens kon gedetecteerd worden tijdens het uitvoeren van de bekabelingsopdracht.

Aangezien het de bedoeling was om visuele aandacht te gaan vergelijken tussen experts en niet-experts werd er aan een tiental proefpersonen gevraagd om de taak tweemaal na elkaar uit te voeren. Op die manier kon een interne vergelijking worden gemaakt tussen twee verschillende niveaus van expertise waarbij er werd gestart aan een “novice niveau” tijdens run 1 en een “expertniveau” werd verworven in run 2.

01	.01	Insteken blauwe connector	Kijken / vergelijken - zoeken - Fm Gm greep - bimanueel - voorrichten
	.02	Sluiten destaco slot	Kracht
02	.01	Draden door krimpkous steken	Fm bimanueel
03	.01	Contacten monteren tussen pennen	
04	.01	Connector insteken	Orientatie zoeken - kijken / vergelijken
	.02	Slot sluiten	
05	.01	Trekontlasting positioneren	Orientatie zoeken
	.02	Sluiten slot	Fm greep
06	.01	Kabel vastklemmen	
07	.01	Kabel uitleggen	bm
02	.02	Kabel door krimpkous steken	kijken / vergelijken - bm
08	.01	Contacten monteren tussen pennen	bm / fm
02	.03	Draden nemen	fm - kijken / vergelijken
	.04	Draden door krimkous steken	orientatie
09	.01	Plaatsen connector	
	.02	Bestrukken connector	
	.03	Roze draad insteken	
10	.01	Draden monteren	
11	.01	Connector monteren	
12	.01	Tape knippen	toolings schaarhouding
	.02/3	Tape plakken (2x)	fm bm manipuleren
13	.01	Connector in tegenstuk plaatsen	
	.02	Dopjes in connector bevestigen	
14	.01	Connector vastplakken met tape	
15	.01	Kabelboomhouder vastmaken	
	.02	Bindertang nemen	
	.03	Kabelboomhouder afknippen	
	.04	Tegenstuk sluiten	
16	.01	Nemen kabelbinders	
	.02	Kabelbinders aanbrengen	
	.03	Bindertang nemen	
	.04	Kabelbinders afknippen	
17	.01	Etiket nemen	
	.02	Etiket dichtkleven	
	.03	Test ok?	
	.04	Naam opschrijven	
	.05	Stift terugsteken	
18	.01	Loshalen kabel	
	.02	Kabel oprollen	
	.03	Bundelen met ankerelastiek	
	.04	Afnemen kabel	
19	.01	VAS - ervaring?	

Afbeelding 34

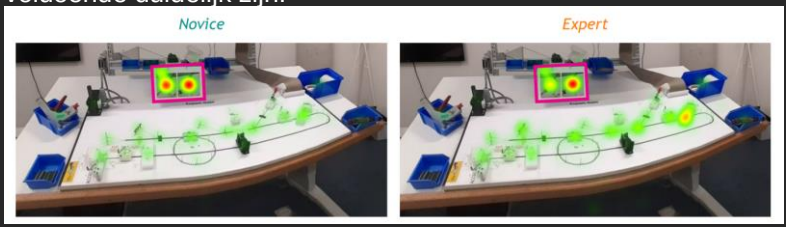
In het kader van de use case werden enkele onderzoeksvragen geformuleerd om te identificeren of er verschillen in kijkgedrag konden geobserveerd worden wanneer meer expertise met de taak verworven was:

- In welke mate verschilt het **kijkgedrag t.a.v. de instructies** tussen de novice & expert run?
- In welke mate verschilt **het kijkgedrag t.a.v. de kritieke regio's** tussen de novice & expert run?
- In welke mate is de **visuele aandacht taakgericht**?
- In welke mate zijn er **verschillen in taakuitvoeringssnelheid tussen de novice & expert run?**
- Kan **twijfelgedrag op een objectieve manier afgeleid worden** uit de oogbewegingspatronen?

RESULTATEN

In welke mate verschilt het kijkgedrag t.a.v. de instructies en de kritieke regio's tussen de novice en expert run?
In welke mate is de visuele aandacht taakgericht tijdens de novice en expert run?

Het kunnen nagaan van de mate waarin instructies geraadpleegd worden kan nuttige informatie verschaffen over hoe instructies het best kunnen worden opgebouwd of aangepast. Bijkomend is het specifiek bij doelgroepmedewerkers soms moeilijk om via klassieke methoden zoals bevraging te bepalen of de instructies voldoende duidelijk zijn.



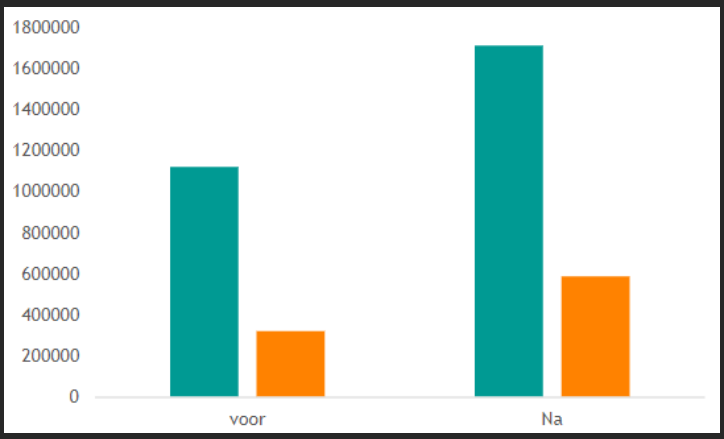
Uit de resultaten kwan maar voor dat er er langer werd gefixeerd op de instructies tijdens de novice run vergeleken met de expert run wanneer alle instructies in rekening werden genomen. Dit is in lijn met de verwachting dat er meer verwerking nodig is wanneer

de instructies een eerste maal worden aangeboden versus een tweede maal.

Op de instructie waren er twee zones te onderscheiden, waarbij in de linkerzone telkens de aanvangssituatie werd weergegeven en in de rechterzone de situatie na het uitvoeren van de gevraagde actie. Tijdens de expert run bleek dat de fixatieduur op beide gebieden van de handleiding veel korter was, wat aangeeft dat er minder verwerking nodig was.

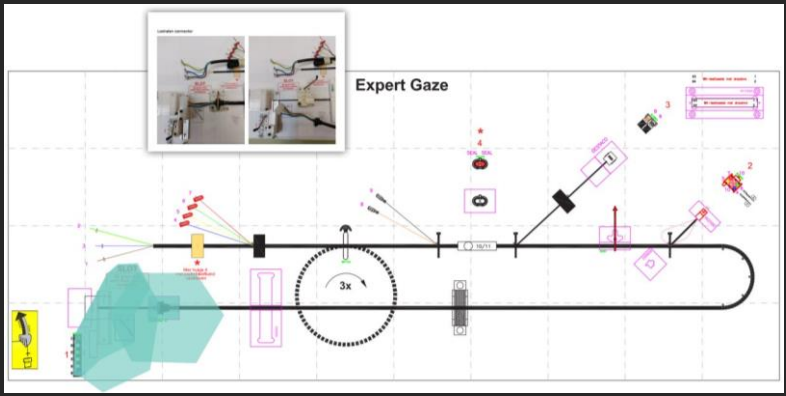
Het verschil tussen de novice en expert run was echter minder uitgesproken voor de “na situatie” wanneer beide delen van de handleiding onderling worden vergeleken.

Qua aantal fixaties werd een identiek maar minder uitgesproken patroon geobserveerd. De beschreven trends werden ook teruggevonden bij verschillende andere deelstappen wanneer deze afzonderlijk werden onderzocht.

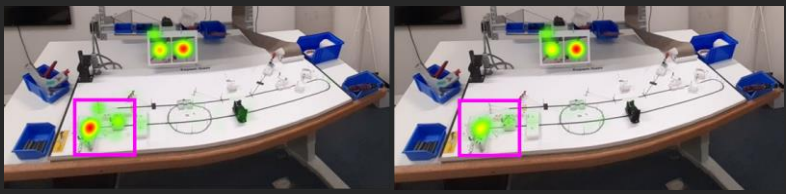


Afbeelding 35. Totale fixatieduur tijdens de “novice” en “expert” run op de linkerzone van de handleiding (situatie voor uitvoeren actie) en de rechterzone van de handleiding (situatie na uitvoeren van actie)

Eén van de deelstappen betrof het loshalen van de connector. Om dit vlot te kunnen doen dient een slot opengemaakt te worden en moet de kabel gedeeltelijk worden verwijderd.



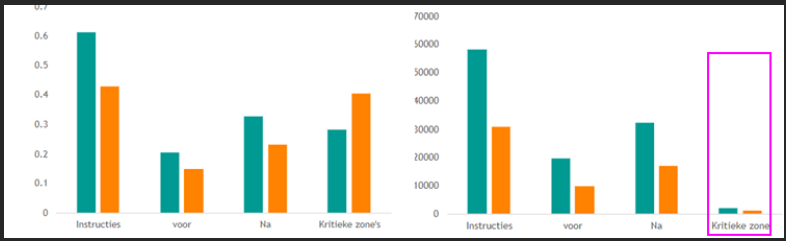
Afbeelding 36. Weergave van de handleiding (bovenaan) en de kritieke zones (groen aangeduid) tijdens het losmaken van de connector (stap 18).



Afbeelding 37. Heatmap (aantal fixaties) van de novice run (links) en de expert run (rechts)

Uit de resultaten blijkt dat er in de expert run meer gefixeerd werd in de kritieke zones maar dat de totale fixatieduur korter was. Er werd dus vaker maar korter gekeken.

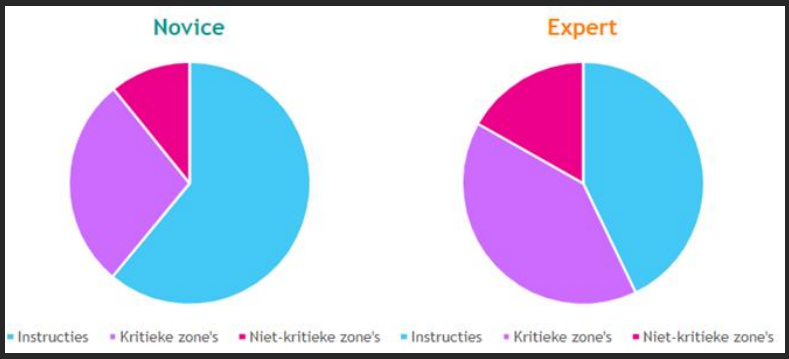
De instructies daarentegen (zowel “voor” als “na”) werden zowel minder vaak als minder lang bekeken.



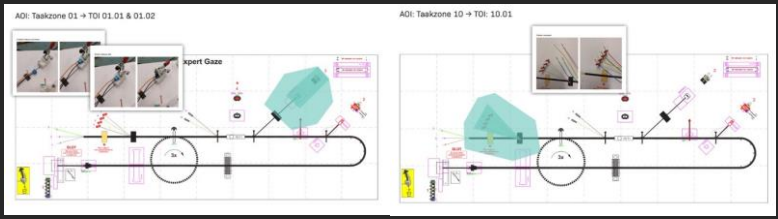
Afbeelding 38. Aantal fixaties (linkergrafiek), aantal visits (middelste grafiek) en fixatieduur (rechtergrafiek) tijdens tussen de novice run (groen) en de expert (run).

Naast het kijkgedrag ten aanzien van de kritieke zones en instructies werd er ook gekeken naar de mate waarin het kijkgedrag taakgericht was. Wanneer een medewerker taakgericht te werk gaat, verwachten we dat de handleiding en/of de kritieke zones meer en vaker zullen worden bekeken dan zones die minder van belang zijn om de taak goed af te ronden. Indien er vaak en lang wordt gefixeerd op een zone die niet van belang is voor een correcte taakuitvoering kan dit indiceren dat een werknemer teveel afgeleid is of niet goed weet waar te gaan kijken. In een maatwerkcontext waar met doelgroepmedewerkers wordt gewerkt zou op die manier kunnen worden afgeleid of het aangehouden kijkpatroon bvb. te verspreid is of net te geconcentreerd is. De visuele aandacht (fixatieduur) bleek in de expert run inderdaad relatief gezien groter te zijn in t.av. de kritieke zones in vergelijking met niet-kritieke zones.

Hierbij valt op te merken dat dit mogelijks te wijten is aan het feit dat wanneer de persoon beschikt over meer expertise, de stap al beter kan worden uitgevoerd zonder te kijken naar het bord en er mogelijks al wordt vooruitgekeken richting andere niet-kritieke zones die bij de volgende stap al van belang zijn. Hiernaast kan deze vaststelling ook dienen als indicator voor het herdefiniëren van de kritieke zones waarbij mogelijks bepaalde zones toch meer van belang zijn voor de taakuitvoering dan initieel aangenomen.



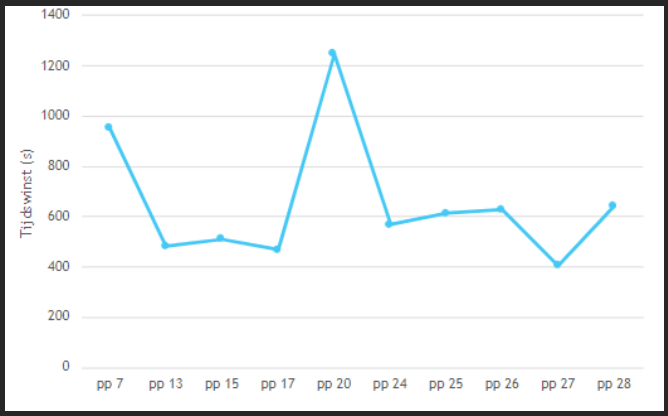
Afbeelding 39. Relatieve fixatieduur t.o.v. de verschillende zones (instructies, kritiek, niet-kritiek)



Afbeelding 40.

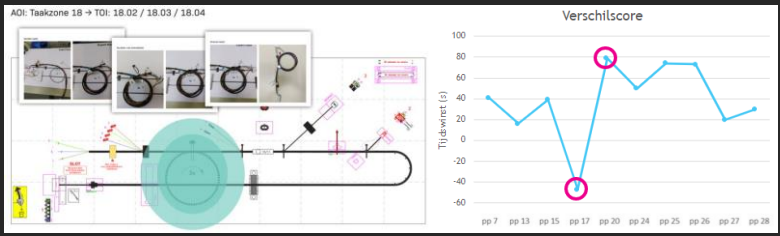
In welke mate zijn er **verschillen in taakuitvoerings-snelheid tussen de novice & expert run?**

Tijdens de expertrun werd de taak bij alle proefpersonen die in de analyse waren opgenomen een snellere taakuitvoering geregistreerd dan tijdens de novice run. Gemiddeld genomen deden proefpersonen 24’58” over de novice run en 14’06” over de expert run en werd er een winst gemaakt van minstens 6’40” en maximaal 20’.



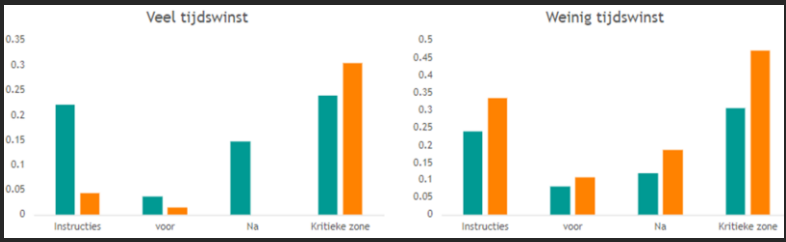
Afbeelding 41.

Wanneer er specifieker op een stap wordt ingezoomd (18.02-18.04) kan er ook op individueel niveau onderzoek gedaan worden naar verschillen in kijkgedrag tussen bijvoorbeeld een persoon met een grote tijdswinst in de expertrun versus een persoon die slechts een kleine daling in doorlooptijd lieten noteren.



Afbeelding 42.

In deze stap kunnen de kijkpatronen van proefpersoon 17, die deze stap trager uitvoerde dan tijdens de novice run vergeleken worden met deze van proefpersoon 20 die een zeer grote verbetering liet optekenen tijdens de expert run. Hieruit bleek dat de proefpersoon met veel tijdswinst relatief gezien tijdens de expert run minder vaak de instructies en vaker de kritieke zones bekeek. De persoon met weinig tijdswinst voerde meer fixaties uit op zowel de instructies als de kritieke zones in de expert run en bleef ook langer fixeren op deze zones. De persoon met veel tijdswinst daarentegen fixeerde veel minder lang op deze zones tijdens de expertrun.



Afbeelding 43. Aantal fixaties in de novice run (groen) en de expert run (oranje), vergeleken tussen personen met veel en weinig tijdswinst tijdens die stap.

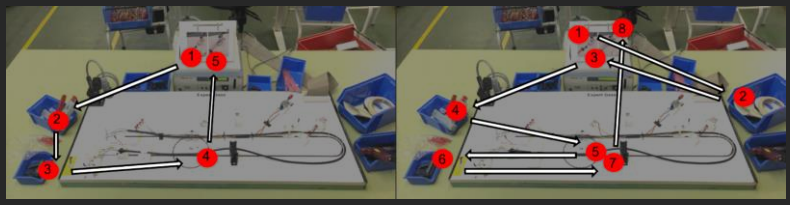
Kan **twijfelgedrag op een objectieve manier afgeleid worden** uit de oogbewegingspatronen?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden werd er gezocht naar een kwantitatieve maat waarmee (patronen in opeenvolgende) oogbewegingen kunnen worden beschreven en vergeleken. Na een grondige zoektocht binnen de wetenschappelijke literatuur bleek gaze entropy, een relatief nieuwe maat in studies naar visuele aandacht en oogbewegingen, de meest geschikte kandidaat voor de huidige onderzoeksvraag.

Gaze entropy is een statistische maat die de onzekerheid in of willekeur van kijkpatronen van een persoon kwantificeert. Het concept van gaze entropy is gebaseerd op de idee dat wanneer een persoon onzeker is over waar hij/zij vervolgens zal kijken, de entropie hoger zal zijn. Met andere woorden, wanneer het kijkpatroon onvoorspelbaar is of wanneer het kijkpatroon weinig gestructureerd is, is gaze entropy hoog. Omgekeerd, wanneer de entropy laag is, betekent dit dat de persoon een gedecideerd kijkpatroon vertoont. Een lage waarde voor gaze entropy wordt eveneens vaak gekenmerkt door een hoge mate van selectiviteit in de aandacht, waarbij irrelevante informatie met succes genegeerd wordt.

Gaze entropy werd in het verleden al gebruikt voor verschillende doeleinden (bv. evalueren van taak complexiteit tijdens operaties bij chirurgen) en kan gelinkt worden aan factoren als taakbelasting en complexiteit in de compositie van de visuele scene.

In de huidige use case gingen we na of gaze entropy gebruikt kan worden om twijfelgedrag te detecteren. De achterliggende idee gaat als volgt: wanneer een persoon de taakinstructies goed begrijpt, dan wordt een gestructureerd kijkpatroon verwacht. Wanneer dit niet het geval is, dan wordt verwacht dat er meer zoekgedrag optreedt, meer heen en weer gekeken wordt tussen verschillende AOIs en dus een willekeuriger kijkpatroon zichtbaar wordt. Afbeelding 44 toont een simplificatie van bovenstaande voorbeelden. Het kijkpatroon op de linkerhelft van afbeelding 44 zal gekenmerkt worden door een lagere gaze entropy score dan het patroon op de rechterhelft.

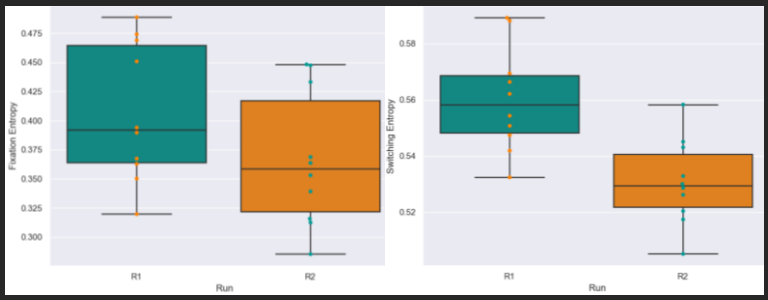


Afbeelding 44. Voorbeelden gestructureerd (links) en minder gestructureerd kijkpatroon (rechts)

Wanneer alle fixaties in rekening worden gebracht –dus ook opeenvolgende fixaties binnen 1 AOI— dan wordt gaze entropy sterk beïnvloed door tijd. Dit komt doordat veel opeenvolgende fixaties binnen eenzelfde AOI het kijkpatroon voorspelbaarder maken. Dit is echter niet wenselijk voor de huidige studie. Daarom werd een onderscheid gemaakt tussen twee types van gaze

entropy: *fixation entropy* en s*witching entropy*. Bij fixation entropy worden alle fixaties in rekening gebracht –en dus ook opeenvolgende fixaties binnen eenzelfde AOI. Bij switching entropy worden opeenvolgende fixaties binnen eenzelfde AOI genegeerd. Bijgevolg hebben enkel saccades tussen verschillende AOIs een invloed op de entropiescore waardoor enkel de spreiding van fixaties over het hele kabelbord wordt weerhouden en niet de spreiding van fixaties binnen de gedefinieerde AOIs.

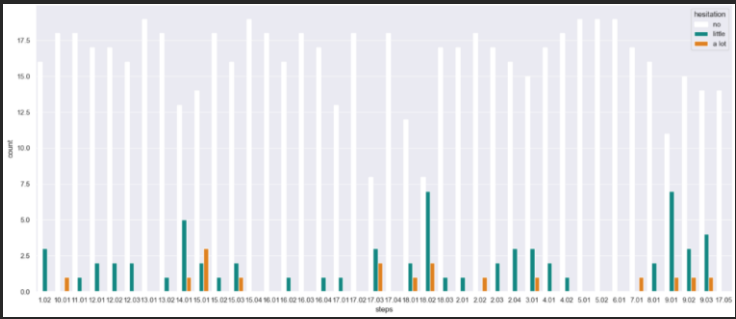
De berekende entropiescores bevinden zich op een schaal van 0 tot 1 waarbij 0 overeenkomt met *'volledig deterministisch'* en 1 met *'compleet random'*.



Afbeelding 45. Fixation en switching entropy gedurende de hele assemblage voor de eerste run (novice) en de tweede run (expert) afzonderlijk.

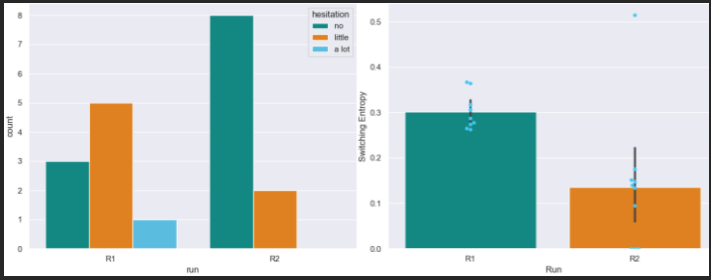
In bovenstaande grafieken (afbeelding 45) is een duidelijke trend te zien. Zowel voor fixation entropy (links) als voor switching entropy (rechts) is de entropiescore lager in de tweede run (expert) dan in de eerste run (novice). Deze trend is meer uitgesproken voor switching entropy. Gezien de opzet van deze studie en de huidige resultaten, zoomen we in het vervolg van deze tekst in op switching entropy.

Deelnemers van deze studie gaven aan het eind van iedere run aan bij welke stappen zij getwijfeld hadden. Dit gebeurde aan de hand van een 3-puntenschaal waarbij 0 stond voor *'niet getwijfeld'*, 1 voor *'een beetje getwijfeld'* en 2 voor *'sterk getwijfeld'*. Afbeelding 46 toont hoe vaak de respondenten aangaven getwijfeld te hebben bij de verschillende stappen. Stappen waarbij algemeen vaker of minder vaak getwijfeld werd, konden op deze manier worden geïdentificeerd.



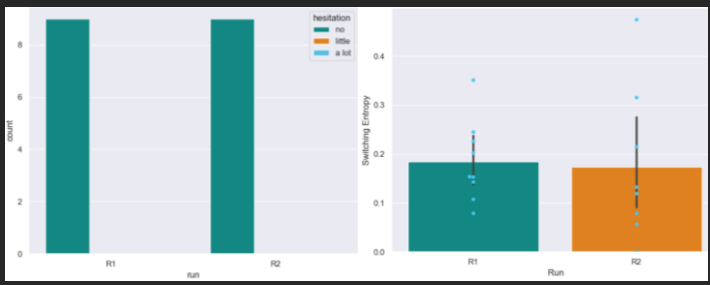
Afbeelding 46.

Ter illustratie nemen we de stappen *9.01* en *16.01* als stappen waarbij men respectievelijk aangaf vaak en nooit te hebben getwijfeld. Hieronder (afbeelding 47) zien we links de subjectief aangegeven twijfel bij de eerste en de tweede run. Rechts zien we de geobserveerde switching entropy scores.



Afbeelding 47. Resultaten stap 9.01 (connector plaatsen)

Er is een duidelijke trend zichtbaar die in lijn is met de verwachtingen. Participanten gaven aan minder te hebben getwijfeld bij de tweede ten opzichte van de eerste run. Vergelijkbaar was switching entropy tijdens de tweede run lager dan tijdens de eerste run. Hieronder tonen we dezelfde visualisaties voor stap 16.01 (afbeelding 48).



Afbeelding 48. Resultaten stap 16.01 (kabelbinder nemen)

Afbeelding 48 toont dat deelnemers zowel na de eerste als na de tweede run nooit aangaven te hebben getwijfeld bij stap 16.02. Vergelijkbaar zien we geen verschil in switching entropy voor deze stap.

De resultaten tonen dat gaze entropy –en meer specifiek switching entropy— een veelbelovende maat is voor het detecteren van twijfel in de huidige context (i.e., assemblagetaak). Er bestaat een duidelijke trend voor switching entropy wanneer novice runs met expert runs worden vergeleken (lagere entropiescores bij de tweede run). Parallel observeren we een mogelijke link tussen de entropiescores en subjectief ervaren twijfel.

Het is echter belangrijk dat bijkomend onderzoek gevoerd wordt om de potentiële link tussen twijfelgedrag en gaze entropy te valideren. Eveneens is verder onderzoek nodig naar de invloed van de theoretische verschillen tussen fixation entropy en switching entropy indien deze maten gebruikt worden voor het (automatisch) detecteren van twijfel tijdens assemblagetaken. Daarnaast is enige voorzichtigheid geboden wanneer gaze entropy gebruikt wordt om twijfel te detecteren in assemblagetaken. Zo hebben verschillende factoren zoals het type taak mogelijks een invloed op de entropiescores. Het is bijvoorbeeld (nog) niet duidelijk hoe gaze entropy verandert wanneer vele complexe manuele handelingen dienen gesteld te worden, er moet worden samengewerkt met bijvoorbeeld collega's, robots of computerassistenten of wanneer er geen gebruik wordt gemaakt van een vast werkstation. Opnieuw zal bijkomend onderzoek hierop een antwoord moeten geven.[13]

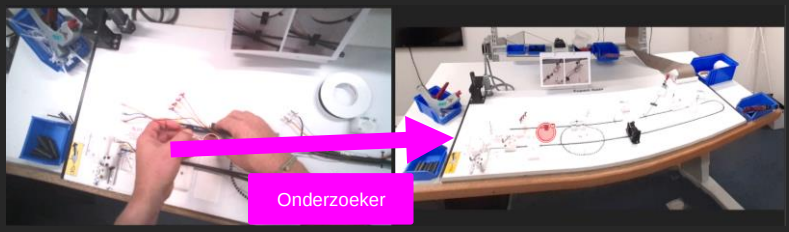
ALGEMENE CONCLUSIE: Eyetracking laat duidelijk toe om verschillen te detecteren tussen de novice en expert run. Proefpersonen zijn niet alleen sneller tijdens de expert run maar gaan tijdens bepaalde stappen ook meer taakgericht aan de slag. Hierbij wordt de handleiding een stuk minder bekeken en blijken vooral afbeeldingen die de eindsituatie uitbeelden het belangrijkst. Er wordt eveneens minder getwijfeld tijdens de expert run wat gereflecteerd wordt door een daling van de mate waarin de oogbewegingen op een random manier gebeuren. Vooral deze laatste maat heeft een groot potentieel om op een passieve manier experts van novices te onderscheiden.

---

[13] Heeft u nog technische of inhoudelijke vragen bij dit onderdeel? Neem gerust contact op met Jonas De Bruyne [Jonas.DeBruyne@UGent.be], Junior Researcher, imec-mict-UGent

UITDAGINGEN

Aan de use case waren enkele specifieke uitdagingen verbonden. Tijdens de aanvangstesten werd duidelijk dat voornamelijk het automatiseren van de dataverwerking de grootste uitdaging zou vormen bij het uitwerken van deze use case. Via een mobiele eyetracker wordt er via twee aparte kanalen data verzameld, die later geïntegreerd moeten worden om te kunnen bepalen naar welke exacte locatie in de omgeving iemand heeft gekeken. Enerzijds worden met de eyetracker omgevingsbeelden verzameld via een wereldcamera. Hiernaast wordt ook oogbewegingsdata verzameld die wordt uitgedrukt via coördinaten. Om dergelijke coördinaten die de oogpositie aanduiden te oriënteren op de wereldbeelden is een tussenstap vereist die meestal nog manueel dient te gebeuren. In deze tussenstap duidt de onderzoeker op een overzichtsfoto aan op welke plaats er gefixeerd werd op de overzichtsfoto. Deze tussenstap dient te gebeuren voor elke frame en neemt bijzonder veel tijd in beslag (minstens 3 keer zolang als de initiële recordingduur).



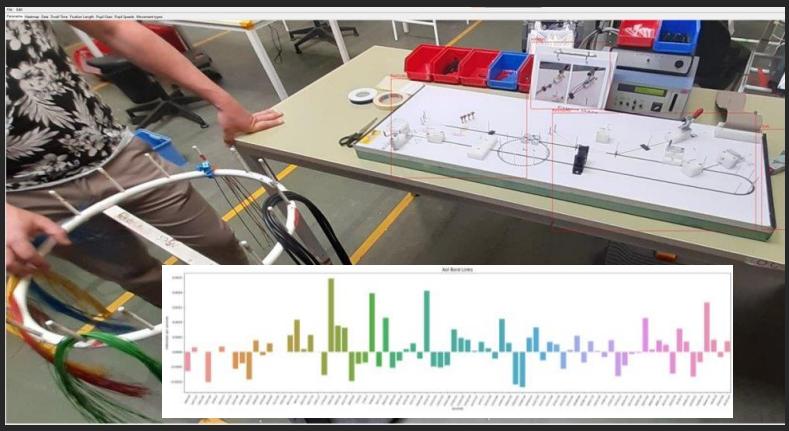
Afbeelding 49.

Om dit probleem te omzeilen bestaan er meerdere opties, waarvan er enkele zijn getest in het kader van de use case. Vooreerst werd er geprobeerd om te werken met de Pupil Labs, een mobiele eyetracker die QR-codes in zijn omgeving kan scannen en vlakken detecteren kan detecteren waardoor de mapping op de omgeving van de coördinaten automatisch kan gebeuren. Deze oplossing was minder aangewezen om in te zetten in een industriële context aangezien dit type eyetracker geen standalone device was en de operator hierdoor zijn bewegingsvrijheid te veel zou verliezen. Verder zag de pupil labs er ook futuristischer uit waardoor dit afschrikwekkender is naar doelgroepmedewerkers toe.

Naast de pupil labs werd ook geprobeerd om met de originele software van Tobii een automatische codering te gaan runnen.

Deze was niet succesvol, er werden te weinig overeenkomstige punten gevonden door het algoritme op de overzichtsfoto.

Afbeelding 50.



Afbeelding 51.

Verder gingen we ook zelf aan de slag en werd er geprobeerd om eigen software te schrijven om dit probleem op te lossen. In de software kon de verzamelde eyetrackingdata ingeladen worden via een General User Interface (GUI), samen met een panorama of overzichtsfoto. Via de software konden de datapunten automatisch gecodeerd worden via een SURF keypoint-detectiealgoritme waarmee videobeelden uit de wereldcamera vergeleken worden met de (panorama)foto waarop de codering moet plaatsvinden. Hierdoor verliep het proces twee keer zo snel als wanneer manueel zou worden gecodeerd. Bovendien is er geen input van de gebruiker voor nodig, waardoor er veel tijd bespaard kan worden. Na deze verwerking kan de gebruiker kritieke regio’s aanduiden op de (panorama) foto en worden er voor elke kritieke regio automatisch metrieken zoals fixatieduur berekend en bijhorende grafieken gegenereerd. De software stond echter niet ver genoeg om de volledige dataverwerking voor deze use case te kunnen

uitvoeren aangezien er enkele problemen opdoken met het SURF-algoritme voor keypoint detectie.

Eén ervan was dat het SURF-algoritme in OpenCV voor keypoint detectie minder snel was dan andere algoritmen zoals FAST of ORB. Dit kan een probleem zijn wanneer er wordt gewerkt met grote afbeeldingen of video's in realtime. Een andere uitdaging is de accuraatheid van de resultaten. Hoewel SURF goede resultaten kan geven voor sommige afbeeldingen, kan het in sommige gevallen falen voor afbeeldingen met veel ruis of afbeeldingen met weinig textuur. Bovendien kan de accuraatheid van de resultaten afhangen van de parameters die worden gebruikt voor het detecteren van keypoints en het kan moeilijk zijn om de juiste parameters te kiezen voor een gegeven afbeelding. Dit geldt echter ook voor andere methoden.

Verder is ook de scaling van de afbeeldingen belangrijk. Als de afbeelding wordt geschaald voordat het keypoint detectieproces wordt uitgevoerd, kan dit leiden tot verschillende resultaten. Dit kan problematisch zijn als je wilt werken met afbeeldingen die op verschillende schaalniveaus zijn genomen.

Het automatisch coderen van mobiele eyetrackingdata is dus zeker geen evidentie. Verdere uitwerking van de software is nodig om deze helemaal op punt te zetten en het zo makkelijker maken om

De nieuwste mobiele eye-tracker van Tobii, de Glasses 3 beschikt over betere specificaties en is een stuk gebruiksvriendelijker dan zijn voorganger.
Enkele belangrijke verschillen:

- Positie van de illuminatoren en camera's: bij de glasses 3 zijn deze verwerkt in de glazen van de bril in plaats van op de bril
- Comfort en uitzicht: de bril heeft een natuurlijkere look en ook de pasvorm is beter
- Gezichtsveld: het gezichtsveld waarin tracking kan worden uitgevoerd is groter (95° horizontaal, 63° verticaal) dan dat van zijn voorganger (82° horizontaal, 63° verticaal)
- Verbeterde wide-angle scene camera
- Verbeterde software voor recording en analyse
- Mobile app om recording aan te sturen

mobiele eyetracking op een gebruiksvriendelijke, snelle en efficiënte manier te kunnen gebruiken in een industrie- of bedrijfscontext.

Naast de uitdaging om de codering te automatiseren was het ook zo dat er heel wat connectieproblemen waren met de Tobii Glasses 2 in de werkomgeving van Waak. Hiernaast werden we ook geconfronteerd met dataverlies doordat medewerkers de neiging hadden om onder de bril door te kijken. Intussen werd een volledig nieuwe opvolger gelanceerd vanuit Tobii, de Glasses 3 (zie state-of-the-art). Deze bril werd getest en eerder vernoemde problemen bleken verholpen in deze versie.

IMPLEMENTATIE IN BEDRIJFSCONTEXT

Het implementeren van deze assessmenttool in een bedrijfscontext, specifieker toegepast op Waak zou een grote meerwaarde kunnen bieden. Huidige en toekomstige medewerkers zouden via het gebruik ervan sneller ingeschaald kunnen worden in een juiste functie doordat hun capaciteiten beter en objectiever kunnen worden ingeschat. Eén van de uitdagingen zal eruit bestaan de doelgroepmedewerkers vertrouwd te maken met de technologie. Hoewel nieuwe modellen steeds gebruiksvriendelijker, lichter en comfortabeler worden, blijkt het bij deze groep mensen soms moeilijk om zelfs weinig invasieve technologieën zoals eyetracking te gaan introduceren.

Ook dient er voldoende opleiding te worden voorzien aan medewerkers die de tool zullen gaan inzetten, waarbij voldoende training en een duidelijk draaiboek een vereiste zijn om de tool op een gestandaardiseerde manier te gaan inzetten.

Verder is het van belang dat de ontwikkeling van de tool niet stopt wanneer deze wordt ingezet en deze bijkomend wordt gevalideerd op basis van nieuwe data die wordt verzameld op grotere groepen. Op die manier kan de tool steeds aangepast worden en/of kunnen bijkomende, specifiekere opdrachten worden uitgewerkt. Het belang van een geautomatiseerde dataverwerking wordt hierbij nogmaals onderstreept.

Ook dient er bij de implementatie rekening gehouden te worden met de kostprijs. Tobii is marktleider binnen de eyetrackingwereld en werkt met eigen heel specifieke hardware en software. Hierdoor dient er naast de kosten voor de aanschaf van een eyetracker ook rekening gehouden te worden met een jaarlijkse kost voor het

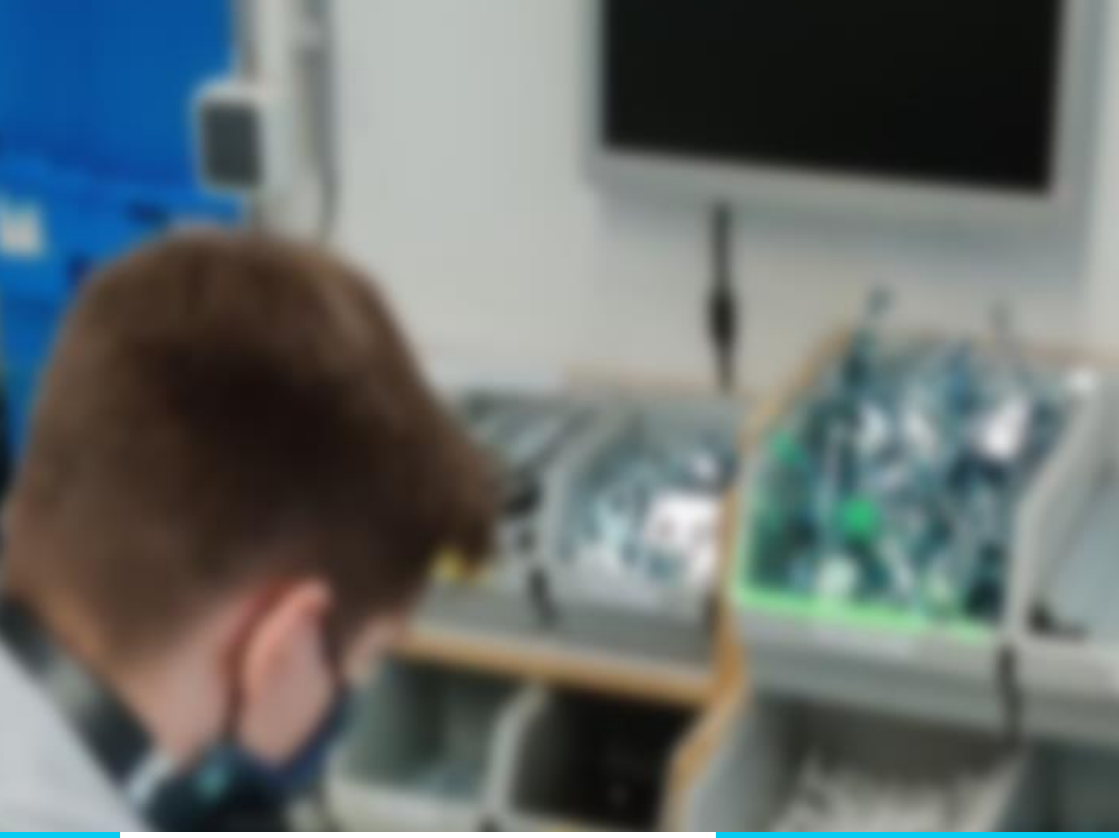
onderhouden van de software licentie. Alternatieve leveranciers zoals Pupil Labs bieden open source software aan en maken het makkelijker voor ontwikkelaars om aangepaste oplossingen te maken en te integreren in andere systemen. Hiernaast heeft pupil labs ook een community platform voor ontwikkelaars en gebruikers om te communiceren, samen te werken en kennis uit te wisselen.

Verder dient er rekening gehouden te worden met het feit dat er ook een interpretatie moet worden gemaakt van de verwerkte data en dat hiervoor zeker in een beginfase, nog steeds experts nodig zijn en hierdoor de implementatie van dergelijke tool niet zomaar zonder gepaste begeleiding kan worden gedaan.

De tool zou ook eerst verder uitgetest moeten worden in een grotere groep en bij doelgroepmedewerkers om deze verder te kunnen optimaliseren.

TAKE AWAY

- In een maatwerkcontext waar met doelgroepmedewerkers wordt gewerkt is (mobiele) eyetracking één van de meest haalbare opties om oogbewegingsdata te gaan verzamelen. Andere technologieën zoals augmented en virtual reality zijn minder geschikt in deze context. Fixed eyetracking zou ook een oplossing kunnen bieden maar hier vereist de set-up een andere benadering (zie use case Arkite).
- Het grote probleem bij mobiele eyetracking betreft de manuele codering van de resultaten. Om mobiele eyetracking succesvol in te zetten in een industriële context zal een geautomatiseerde oplossing noodzakelijk zijn.
- Kies de juiste taak om eyetracking op uit te voeren. Te makkelijke taken of taken waarbij veel kleine visuele details moeten gedetecteerd worden zijn minder geschikt hiervoor.
- Om een goede vergelijking te kunnen maken wordt best een taak gebruikt die door iedereen op dezelfde manier in dezelfde volgorde/tijd kan worden uitgevoerd.



USE CASE #3:

Instructieoptimalisatie via fixed eyetracking in een assemblagecontext

PROBLEEMSITUERING

Wanneer eyetracking wordt ingezet in een context waar de persoon zich vrij moet kunnen bewegen wordt doorgaans geopteerd voor mobiele eyetracking. Deze technologie heeft als voordeel dat deze kan worden ingezet in industriële settings waarbij operatoren hun bewegingsvrijheid moeten kunnen behouden. Helaas wordt er via mobiele eyetracking data verzameld via twee aparte kanalen. De eerste datastream is afkomstig van de omgevingscamera op de bril die de omgeving filmt tijdens de opname. De tweede datastream bevat de x/y coördinaten die de oogpositie weergeven op een bepaald tijdstip. Om deze coördinaten te koppelen aan de beelden van de wereldcamera is een tijds- en arbeidsintensieve tussenstap vereist om te kunnen detecteren naar waar iemand exact gekeken heeft in zijn/haar omgeving. De onderzoeker dient namelijk voor elke frame op een overzichtsfoto aan te duiden waarop juist exact werd gefixeerd (+/- 3 keer zo lang qua tijd gebaseerd op de duur van de recording).

Naast mobiele eyetracking kan er ook gewerkt worden met fixed eyetracking. Deze vorm van eyetracking laat toe om het kijkgedrag van personen te registreren wanneer die zich in een min of meer statische staande of zittende positie bevinden. Via een device die in de meeste gevallen aan een pc-scherm wordt bevestigd, is het op die manier mogelijk om rechtstreeks te registreren naar waar een persoon kijkt ten opzichte van een verticaal georiënteerd computerscherm. Aangezien de dataverwerking bij deze variant van eyetracking wel automatisch verloopt en de dataregistratie doorgaans ook nauwkeuriger is, is deze technologie meer aangewezen wanneer er kan worden voldaan aan de vereisten. Hierdoor was er vanuit de stuurgroep een sterke interesse in de mogelijkheden van het inzetten van fixed eyetracking in een industriële context.

Op één van de workshops rond eyetracking werd vanuit Arkite de vraag gesteld of er mogelijkheden waren om het kijkgedrag van operatoren te registreren ten opzichte van geprojecteerde werkinstructies op een horizontaal georiënteerde werktafel.

Arkite is een bedrijf dat zich focust op de transformatie van werkstations, waarbij deze worden uitgebreid met de Human Interface Mate (HIM) unit, een slim systeem waarmee operatoren worden begeleid met behulp van augmented reality instructies tijdens het uitvoeren van assemblagetaken. De HIM-unit bevat een

ingebouwde infraroodcamera die de bewegingen van de operator registreert. Op basis van deze registratie wordt er info doorgegeven over de mate waarin de gepresenteerde opdracht op de instructies reeds voltooid is en wordt er indien dit het geval is, overgeschakeld naar een volgende instructie.

Afbeelding 52. Human Interface Mate (HIM) unit

Sommige geoefende operatoren zijn echter reeds vertrouwd met bepaalde instructies. Om tegemoet te komen hieraan, werd het systeem verder geoptimaliseerd door de implementatie van adaptieve werkinstructies. Hierbij worden via een door Arkite ontwikkeld algoritme de instructies aangepast op basis van het ingeschatte ervaringsniveau van de operator. Het valt echter moeilijk af te leiden welke instructies worden bekeken of best worden aangeboden, aangezien er verschillende opties van aanbieding zijn (via GIF's, afbeeldingen, tekst,…)

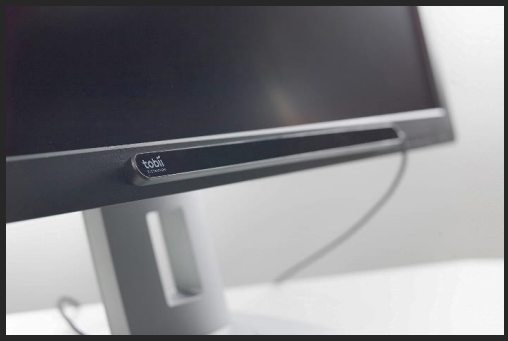
VOORGESTELDE OPLOSSING EN ONDERZOEKSOPZET

De adaptieve instructies werden in het kader van het ExpertGaze project getest tijdens een studie in samenwerking met het bedrijf Senzer. Dit maatwerkbedrijf staat onder meer in voor de productie van babystoeltjes en voorziet in tewerkstelling aan personen met een afstand tot de arbeidsmarkt.

We kozen ervoor om deze use case niet via mobiele eyetracking te doen maar via een experimentele methode waarbij fixed eyetracking werd uitgevoerd ten aanzien van de horizontale werktafel waarop de instructies werden geprojecteerd. Dit omwille

van de eerdergenoemde reden dat mobiele eyetracking meer tijds- en arbeidsintensief is en daardoor moeilijker toe te passen is in een bedrijfscontext. In deze use case diende eveneens rekening te worden gehouden met de specifieke doelgroep waarmee werd gewerkt. Fixed eyetracking is minder invasief dan mobiele eyetracking, waardoor oogbewegingen ook kunnen worden geregistreerd bij personen die moeite hebben met het opzetten of aanhouden van een bril en/of moeilijkheden ondervinden met veranderingen in de werkomgeving.

Het registreren van oogbewegingsdata ten aanzien van een horizontaal vlak is niet mogelijk met de originele hardware/software van Tobii. Voor de ontwikkeling van de experimentele set-up werden eigen work-arounds en software ontwikkeld om de oogbewegingsdata te kunnen registreren. Hierbij werd gebruik gemaakt van een gaming eyetracker (Tobii 4C).



Afbeelding 53

Deze eyetrackers hebben een uitstekende prijs-kwaliteit verhouding en worden niet vaak gebruikt in academische contexten. De kostprijs is een heel stuk goedkoper (+/- 300 euro) in vergelijking met meer academisch gerichte modellen of modellen gericht op gebruik voor bedrijfsdoeleinden. Verder was het met dit type eyetracker mogelijk om nog steeds datapunten te registreren wanneer de eyetracker ondersteboven werd geplaatst. Meer geavanceerde types vaste eyetrackers zoals de Tobii Pro Fusion lieten dit niet toe. Verder kon bij de 4C eyetracker ook de kalibratie worden omzeild. Tijdens dit proces worden de ogen correct gepositioneerd. Door eigen kalibratiesoftware te schrijven was het mogelijk om toch een kalibratie uit te voeren ondanks het feit dat de eyetracker ondersteboven gepositioneerd was.

In eerste instantie werd er via Unity bij wijze van test een spel ontwikkeld waarbij memory kon worden gespeeld en afbeeldingen op de kaartjes enkel zichtbaar werden door ernaar te gaan kijken.

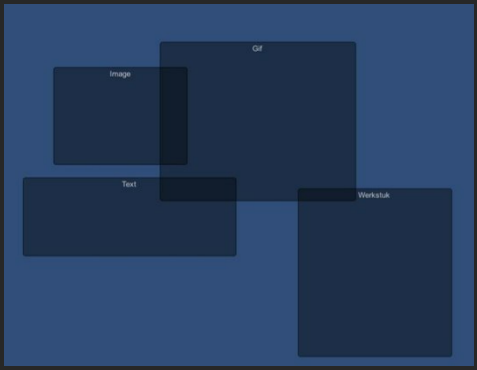
Op die manier kon tevens ook bepaald worden of de eyetracker de oogbewegingen correct registreerde en waar de limieten zich bevonden. De resultaten van deze testen waren positief. Enkel in de uiterste hoeken links en rechtsonder ten opzichte van de proefpersoon werden de datapunten niet goed geregistreerd. De maximale lengte van de rechthoek waarin de datapunten geregistreerd konden worden was 90 cm.

Afbeelding 54.

Om uit te maken in welke mate de geprojecteerde adaptieve instructies werden geraadpleegd en of er verschillen geobserveerd konden worden naargelang het expertiseniveau, werd de HIM-unit gekoppeld met de eyetracker.

Een experimentele set-up werd voorzien in samenwerking met Arkite bij het bedrijf Senzer. Vijftien testpersonen voerden een gelijkaardige assemblagetaak uit, waarbij een onderdeel van een maxi-cosi autostoeltje gemonteerd diende te worden. De taak werd een variabel aantal keer herhaald, afhankelijk van hoe snel een operator erover deed om het onderdeel te monteren.

De instructies werden geprojecteerd op een werktafel met behulp van de HIM unit. Verschillende types projectie werden aangeboden, waaronder een GIF, tekst, afbeeldingen of een locatie.



Afbeelding 55. Lay-out van de geprojecteerde instructies

Afbeelding 56. Opstelling voor testafnames

Via deze use case wilden we een antwoord bieden op de onderzoeksvraag of er verschillen zijn in hoe lang/hoe vaak projecties worden bekeken en of dit varieert volgens experience level.

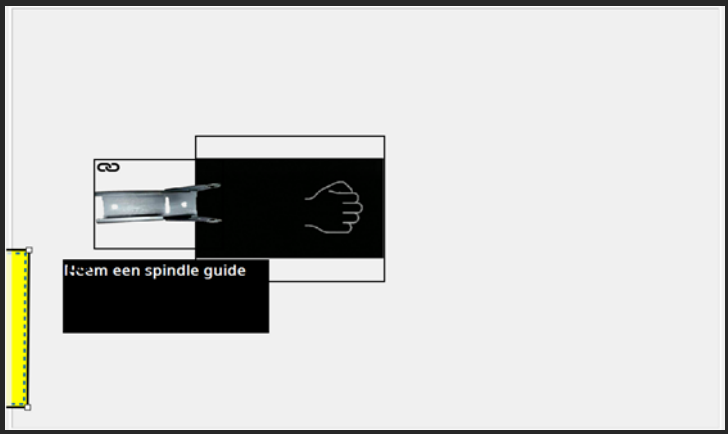
RESULTATEN

In de analyses werden 9 van de 15 proefpersonen opgenomen, aangezien er van bepaalde proefpersonen niet voldoende datapunten geregistreerd werden. Verschillende deelstappen werden apart geanalyseerd.

Zijn er verschillen in hoe lang/hoe vaak projecties bekeken en varieert dit volgens experience level?

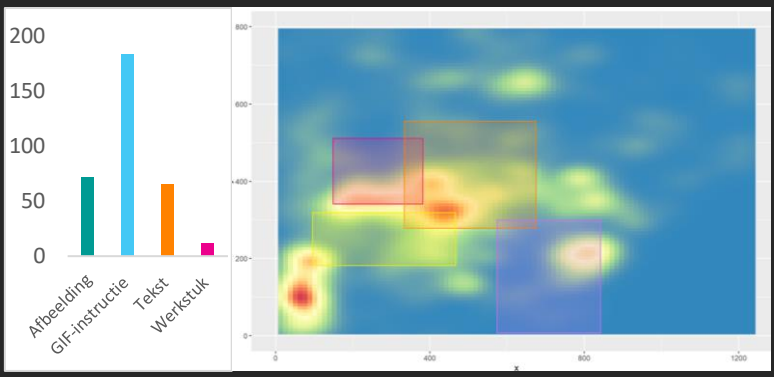
Deelstap 1: Neem een spindle guide

Tijdens de eerste deelstap moest de werknemer een onderdeel nemen uit de voorziene voorraadbakjes. Hierbij dient nog geen assemblageactie uitgevoerd te worden. De verschillende projecties die werden gepresenteerd in deze fase zijn (1) een afbeeldingsinstructie, (2) een GIF-instructie, en (3) een tekstinstructie. Tijdens deze fase werden geen projecties aangeboden op het werkstuk.



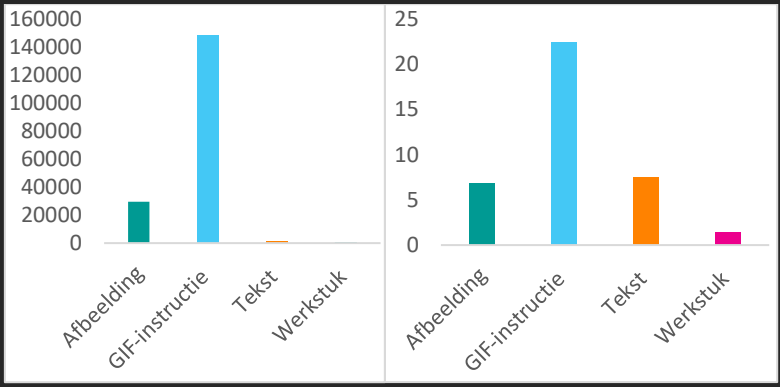
Afbeelding 57.Weergave van de geprojecteerde instructies tijdens stap 1.

Er werd nagegaan in welke mate er door de eyetracker gaze points werden geregistreerd in een bepaalde zone en of er verschillen konden worden geobserveerd tussen personen die minder dan tien keer de taak uitvoerden versus vaker dan tien keer.



Afbeelding 58. Aantal geregistreerde gazepoints tijdens deelstap 1 "neem een spindle guide" (links) en heatmap (rechts)

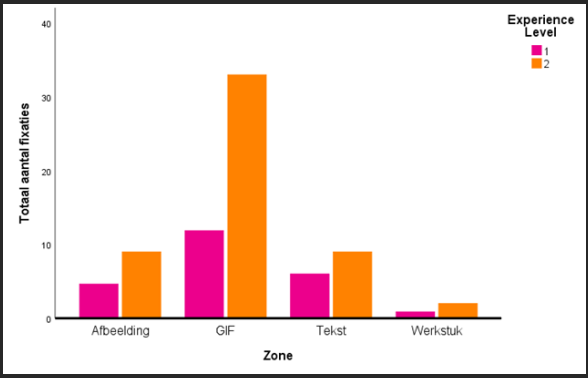
Wanneer gazepoints dicht bij elkaar liggen in tijd en ruimte worden ze gecategoriseerd als een fixatie. Dit zijn momenten waarop het oog redelijk stilstaat en bewust informatie gaat gaan opnemen. Hieruit blijkt dat de meeste gazepoints geregistreerd werden in deze stap ter hoogte van de GIF. Op het werkstuk waren er amper registraties.



Afbeelding 59. Totale fixatieduur (links) en aantal fixaties (rechts) op de verschillende geprojecteerde instructies tijdens deelstap 1: "neem een spindle guide".

Uit de resultaten kan afgeleid worden dat de GIF-instructie het vaakst en het langst werd bekeken. Op de afbeelding en de tekst werd minder maar ongeveer even vaak gefixeerd. De fixatieduur op de tekst was echter een heel stuk korter dan op de afbeelding. Er werd dus wel af en toe naar de tekst gekeken, maar dit enkel

gedurende heel korte periodes. Verder waren er slechts een heel beperkt aantal fixaties ter hoogte van het werkstuk. Deze vaststelling kan verklaard worden door het feit dat er in deze stap geen actie op het werkstuk moest worden uitgevoerd.



Afbeelding 60. Totaal aantal fixaties op de verschillende geprojecteerde instructies tijdens deelstap 1: "neem een spindle guide"

Uit de analyses blijkt verder dat er verschillen konden geobserveerd worden naargelang het experience level. Proefpersonen met een hoger experience level bleken vaker te fixeren op alle zones ten opzichte van personen met een lager experience level. Aangezien deze studie in een doelgroepcontext plaatsvond is het mogelijk dat personen met een hoger experience level meer rekening hielden met aangeboden informatie zodat zeker het juiste item werd geselecteerd.

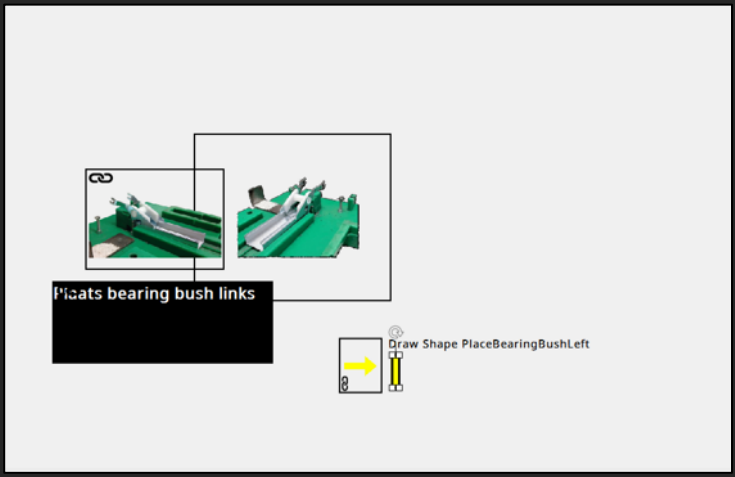
Deelstap 10: Plaats bearing brush

Tijdens deelstap 10 dient de werknemer een bearing brush te plaatsen aan de linkerzijde van het item op het werkstuk. De verschillende projecties die werden gepresenteerd tijdens deze fase zijn (1) een afbeeldingsinstructie, (2) een GIF-instructie, (3) een tekstinstructie en (4) een projectie op het werkstuk.

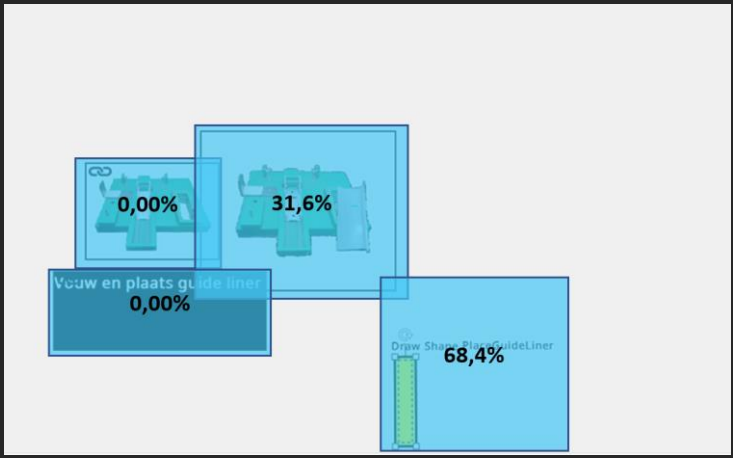
Er werd een individuele analyse uitgevoerd om aan te tonen dat er ook op individueel niveau relevante data kan worden verzameld.

Eén van de proefpersonen doorliep 25 iteraties, waarvan er 13 succesvol geregistreerd werden.

Per geregistreerde iteratie werd nadien telkens de fixatieduur berekend over de verschillende zones. Aangezien er geen geregistreerde fixaties waren op de afbeelding- en tekstinstructie kon de fixatieduur voor deze zones niet berekend worden.



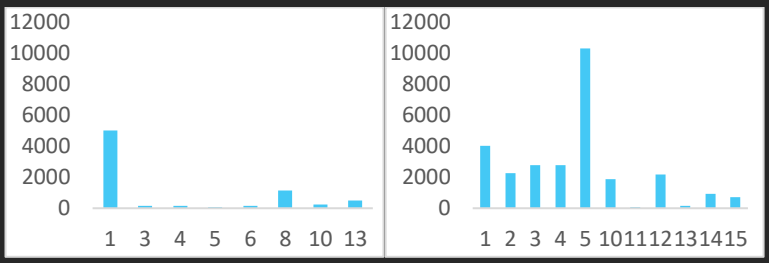
Afbeelding 61. Weergave van de geprojecteerde instructies tijdens stap 10



Afbeelding 62. Procentuele weergave van het aantal fixaties op de verschillende locaties

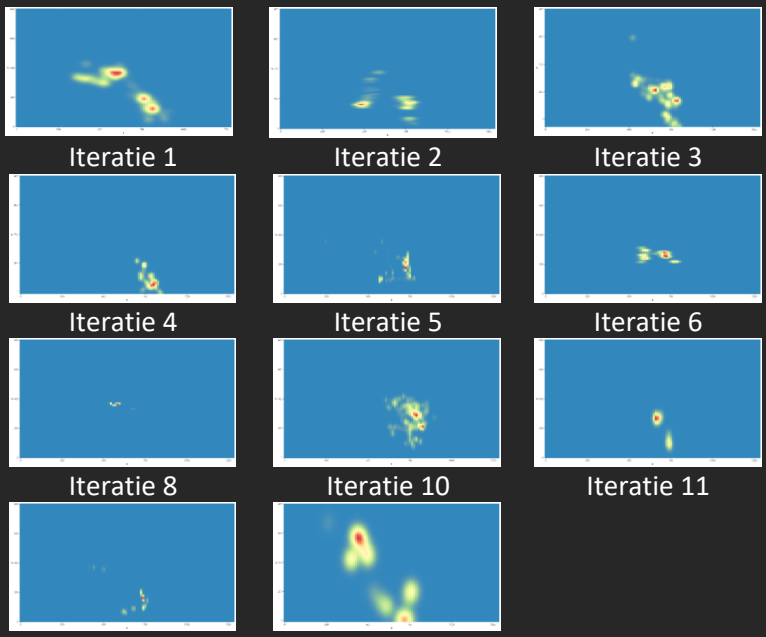
Uit de resultaten komt naar voor dat er de eerste iteratie lang gefixeerd werd op de GIF maar vanaf de derde keer de fixatieduur meteen veel korter werd. Tijdens de eerste iteratie werd er eveneens ook lang gefixeerd op het werkstuk maar nam de fixatieduur veel minder snel af over verschillende iteraties. Aangezien het grootste deel van de actie doorging ter hoogte van het werkstuk, was de vaststelling dat het langer duurde vooraleer het werkstuk minder lang werd bekeken te verwachten.

Wanneer er wordt gekeken naar de heatmaps over de verschillende iteraties was er echter geen duidelijk patroon te zien was en bleek dat er bij bepaalde iteraties ook veel minder datapunten geregistreerd werden.



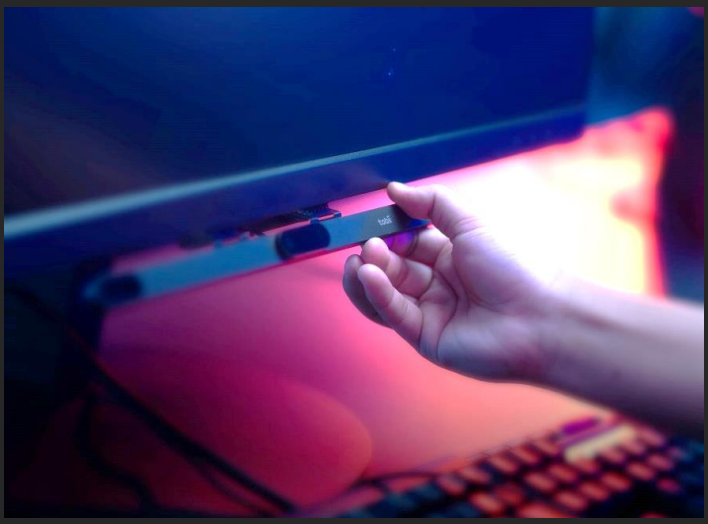
Afbeelding 63. Totale fixatieduur op de GIF (grafiek links) en op het werkstuk (grafiek rechts) over de verschillende geregistreerde iteraties.

Table 1



UITDAGINGEN EN IMPLEMENTATIE IN EEN BEDRIJFSCONTEXT

Uit de resultaten kan worden afgeleid dat fixed eyetracking een meerwaarde zou kunnen bieden indien deze kan ingezet worden in een bedrijfs- of industriële context. Hierbij dient echter wel de kanttekening gemaakt te worden dat in deze use case, de oogbewegingen mogelijks onvoldoende konden worden opgevangen door de gebruikte eyetracker. Intussen werd een nieuwe versie van deze eyetracker gelanceerd, de Tobii 5L. Deze eyetracker heeft een hogere sampling rate (120 Hz) en werd ontwikkeld voor ontwikkelings- en commercialisatiedoeleinden. Bij deze eyetracker is het mogelijk om via een licentie bij de verdeler (Tobii Tech) flexibeler parameters aan te passen waardoor deze makkelijker kunnen worden ingesteld om de oogbewegingen beter te kunnen registreren. Verder is het ook niet meer nodig om dit model ondersteboven te gaan plaatsen om de oogbewegingen t.a.v. een verticaal oppervlak te gaan registreren. Een platform development kit wordt eveneens meegeleverd bij deze eyetracker zodat eigen configuratie en kalibratie ervan mogelijk wordt. Verder kunnen ook eigen apps gekoppeld worden.



Afbeelding 64.

Wat betreft implementatie in een bedrijfscontext verloopt de verzameling en analyse van de data veel automatischer wanneer fixed eyetracking kan worden ingezet in plaats van mobiele

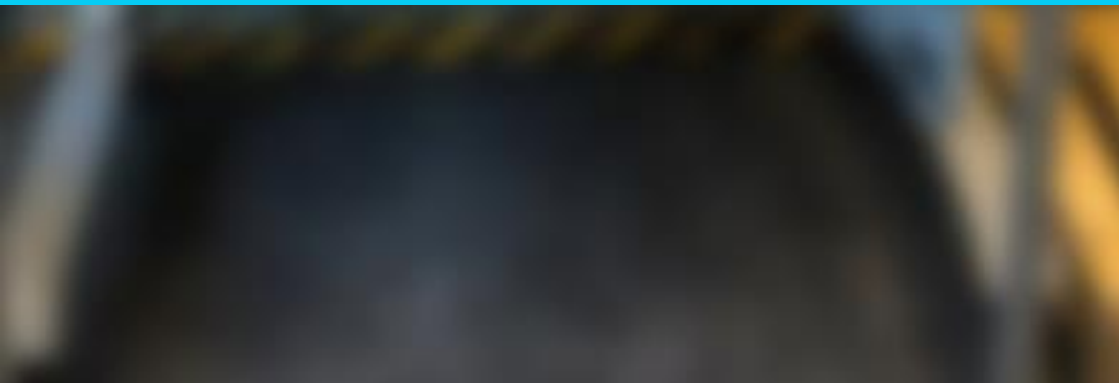
eyetracking. Verder is fixed eyetracking veel minder invasief en kan deze technologie hierdoor makkelijker gebruikt worden wanneer met doelgroepmedewerkers wordt gewerkt. Fixed eyetracking zou ook kunnen worden ingezet wanneer er niet gewerkt wordt met geprojecteerde instructies maar met bijvoorbeeld digitale werkinstructies, aangezien de eyetracker ook gewoon kan worden bevestigd aan een monitor.

TAKE AWAY

- Met de juiste hardware kan fixed eyetracking worden ingezet in een bedrijfscontext wanneer werknemers zich in een statische positie bevinden
- Aangezien er bij fixed eyetracking geen wereldbeelden worden verzameld kan er best ook gefilmd worden tijdens de opnames om achteraf eventueel dataverlies te kunnen verklaren.

USE CASE #4:

Instructieoptimalisatie via mobiele eyetracking in een assemblagecontext



PROBLEEMSITUERING

De constante introductie van nieuwe, digitale technologieën binnen industrie 4.0 zorgt ervoor dat de werking van ondernemingen in diverse sectoren sterk wijzigde. Door het inzetten van deze nieuwe technologieën worden bedrijven namelijk beter in staat gesteld om zich aan te passen aan de stijgende vraag van klanten naar kleinere series en meer gepersonaliseerde producten. Frequentere en snellere wijzigingen in het productieproces zorgen er echter ook voor dat werknemers sneller en vaker nieuwe taken dienen aan te leren. Digitale werkinstructies worden als gevolg hiervan steeds regelmatiger ingezet en blijken een handige tool, aangezien deze makkelijk en snel kunnen worden aangepast. Hierbij is het van belang dat de digitale werkinstructies de operator optimaal ondersteunen tijdens de uitvoering van hun taken. Het is echter moeilijk voor bedrijven om op een objectieve manier na te gaan op welke instructies de operatoren het meest beroep doen tijdens het uitvoeren van hun taken. Verder is het ook van belang dat operatoren op een gepast niveau ondersteund worden via instructies. Voor onervaren werknemers kan een onderaanbod aan info leiden tot onduidelijkheid en frustraties terwijl dit eveneens het geval kan zijn wanneer te veel informatie wordt aangeboden aan ervaren operatoren. Het inzetten van nieuwe technologieën zoals eyetracking biedt mogelijkheden om digitale werkinstructies op een objectieve manier te gaan beoordelen en te bepalen hoe deze geoptimaliseerd kunnen worden.

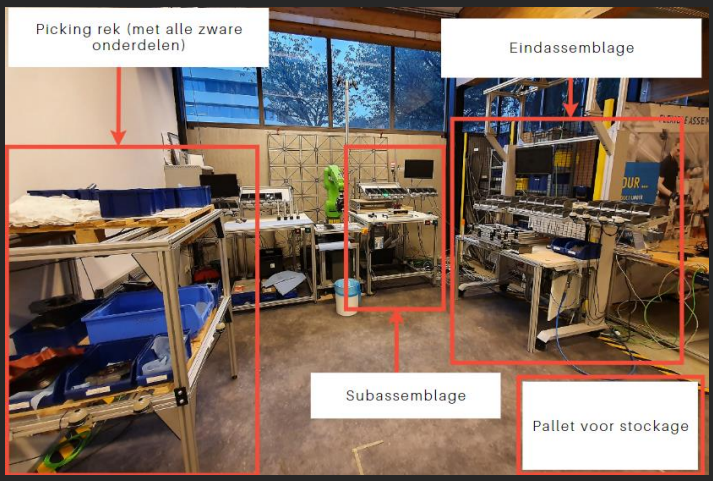
VOORGESTELDE OPLOSSING EN ONDERZOEKSOPZET

Tijdens de brainstorm op het eerste contactmoment kwam naar voor dat veel bedrijven die digitale werkinstructies invoeren de instructies zelf opstellen maar het intern optimaliseren en aanpassen ervan aan het niveau van een bepaalde werknemer meestal te veel tijd in beslag neemt. Dit kwam echter zo vaak naar voor dat er beslist werd om mee te stappen in een studie van één van onze onderzoekspartners, namelijk het ISYE lab (Industrial Systems & engineering) lab van de Universiteit Gent. In één van

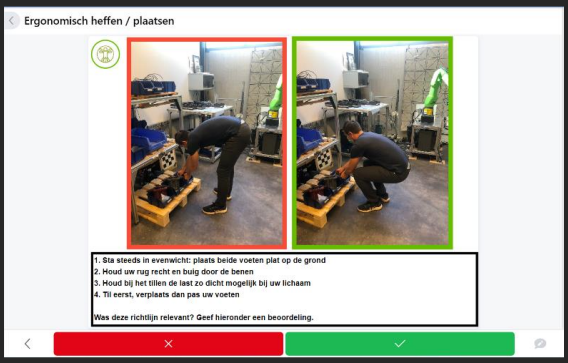
de lopende studies (Ergo EyeHand project i.s.m. Flanders Make) werd gefocust op het aanbieden van adaptieve digitale werkinstructies om zo te onderzoeken hoe werknemers in een assemblagecontext gemotiveerd en gesensibiliseerd kunnen worden om een meer ergonomische houding aan te nemen. Dit werd geverifieerd aan de hand van een ergonomiescore die werd berekend via een camera set-up en een sensorische vloer. De uiteindelijke bedoeling hiervan was de ontwikkeling van een sensorische softwaretool voor (semi-)automatische ergonomische risicoanalyses van een werkplek. In het kader van ExpertGaze werd beslist om parallel in dezelfde studie te gaan testen of digitale werkinstructies kunnen beoordeeld worden op basis van oogbewegingsdata die verzameld werd via mobiele eyetracking.

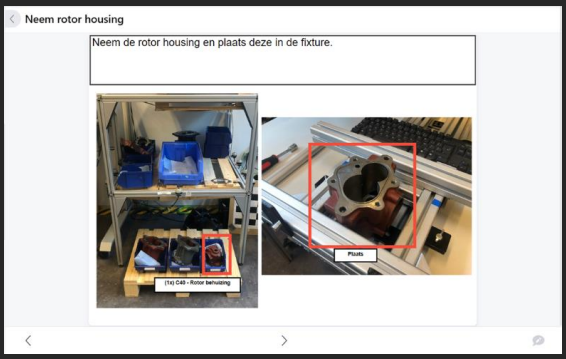
Tijdens deze studie werd aan proefpersonen gevraagd om een assemblagetaak uit te voeren in een nagebootste, industriële labo-omgeving. De proefpersonen kregen de opdracht om onderdelen van een luchtcompressor te monteren aan een hiervoor aangepast werkstation. Zowel het werkstation als het scenario voor de assemblage waren zo ontworpen dat ze gebruikt konden worden zonder enige training of voorkennis. De proefpersonen dienden op basis van digitaal aangeboden werkinstructies (via Azumuta) verschillende onderdelen te verzamelen, te assembleren op de locatie voor subassemblage en/of eindassemblage en hierna het onderdeel op een pallet te plaatsen voor stockage.

Om gaandeweg een hoger niveau van taakexpertise te creëren en zo oogbewegingspatronen te kunnen gaan vergelijken t.a.v. de instructies werd aan proefpersonen gevraagd de taak tienmaal achtereenvolgens uit te voeren. Twee verschillende types digitale instructies werden hierbij aangeboden via een monitor, nl. algemene en ergonomische instructies. De algemene instructies boden informatie omtrent de montage, terwijl de ergonomische instructies aanbevelingen bevatten omtrent het aannemen van een juiste werkhouding.



Afbeelding 65. Overzicht van de werkopstelling in het labo (ISYE)





Afbeelding 66 Ergonomische instructies (afbeelding boven) en assemblage instructies (afbeelding onder)

Tijdens het bekijken van de verschillende types instructies werd oogbewegingsdata verzameld via een Tobii Glasses 2 mobiele eyetracker. Er werd voor dit type eyetracker gekozen omdat een vaste eyetracker een restrictie in bewegingsvrijheid zou veroorzaken en de ergonomiescores hierdoor beïnvloed zouden worden.

Verschillende onderzoeksvragen kwamen aan bod tijdens deze studie namelijk:

- In welke mate verschilt het kijkgedrag t.a.v. de twee types aangeboden ergonomische instructies (adaptief versus normaal)?
- Zijn er zones op de werkinstructie die langer werden bekeken en in welke mate varieert dit naargelang het niveau van taakexpertise dat werd verworven?

RESULTATEN

In welke mate verschilt het kijkgedrag t.a.v. de twee types aangeboden ergonomische instructies? (adaptief versus normaal)?

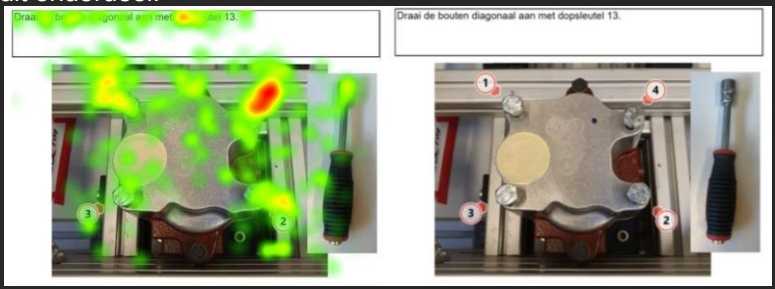
Afbeelding 67. Heatmaps (fixatieduur) voor de basisinstructies (links) en de context aware instructies (rechts)

Uit de resultaten blijkt dat er verschillen waren in kijkgedrag tussen de basisinstructies en de context-aware, adaptieve instructies. Bij de basisinstructies werd er meer gespreid gefixeerd over de gehele instructie en een stuk langer op de gehele tekst onder de foto's op de instructie. Bij de context-aware instructies bleek dat proefpersonen gerichter en langer fixeerden op de kritieke zones (nek, schouders, heup) voor het aannemen van een goede, ergonomische werkhouding en minder op de tekst. Hiernaast bleek uit de ergo Eye Hand studie dat dit type instructies leidde tot

algemeen betere ergonomiescores dan de basisinstructies. Mogelijks kan dit mede verklaard worden doordat de instructies anders en gerichter geraadpleegd werden wanneer deze context-aware werden aangeboden en informatie over het verzorgen van een ergonomische houding hierdoor beter werd opgenomen en/of onthouden. Extra onderzoek op een grotere groep proefpersonen is echter nodig om uit te maken of de geobserveerde verschillen in ergonomiescore hieraan gerelateerd zijn.

Zijn er zones op de werkinstructie die langer werden bekeken en in welke mate varieert dit naargelang het niveau van taakexpertise dat werd verworven?

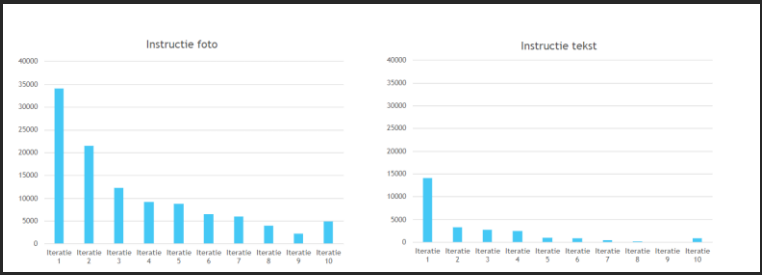
Eén van de belangrijkere werkinstructies werd uitgelicht om verdere analyses op uit te voeren. Bij deze werkinstructie was het de bedoeling dat de bouten diagonaal werden aangespannen met een bijhorende dopsleutel. Voor de oriëntatie van het grijze gedeelte was het belangrijk dat de kant met de inkeping rechts werd georiënteerd. Uit de resultaten bleek dat er lang gefixeerd werd op de zone met aanduiding “2” aan de zijde waar de inkeping gelokaliseerd was. Om dit makkelijker te maken voor operatoren zou er geopteerd kunnen worden om deze zone extra te gaan highlighten, aangezien deze cruciaal is een correcte montage van dit onderdeel.



Afbeelding 68. Originele werkinstructie (afbeelding links) en heatmap (rechts)

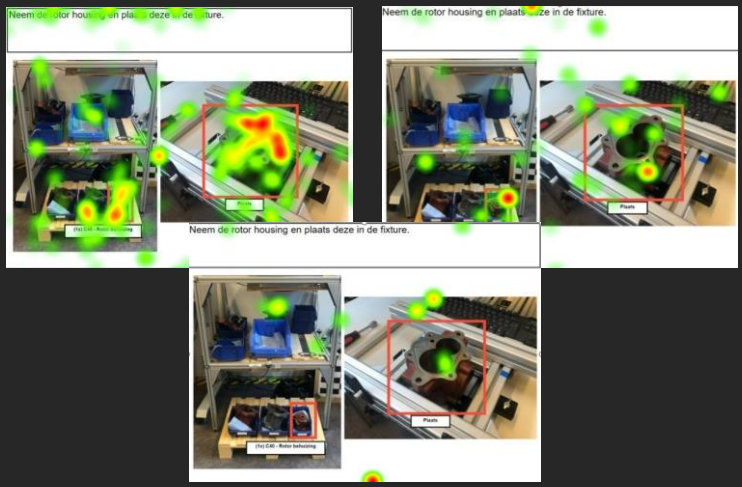
Uit de resultaten kan eveneens worden afgeleid dat er bij alle iteraties veel langer gefixeerd werd op de afbeelding dan op de aangeboden tekst en zien we een graduele afname vanaf de tweede iteratie. Het belang van de tekst lijkt echter wel sneller af te nemen dan dat van de afbeelding, aangezien er in de eerste iteraties nog steeds lang wordt gefixeerd op de afbeelding en dit voor de tekst vanaf de tweede iteratie al niet meer het geval is.

Wanneer meer expertise wordt verworven kan dus zoals verwacht een verkorting in fixatieduur geobserveerd worden op de gehele instructie. De instructies zouden in dit geval aangepast kunnen worden zodat er bijvoorbeeld vanaf de tweede iteratie geen tekst meer wordt weergegeven.

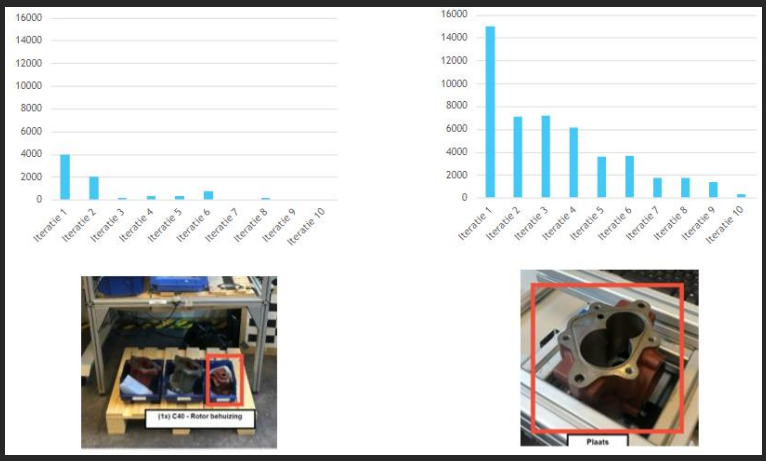


Afbeelding 69.

Een tweede instructie die geanalyseerd werd betrof een instructie waarop specifieke “focus” zones waren aangeduid. Op de heatmaps (fixatieduur) was zichtbaar dat de focuszones wel degelijk langer werden bekeken dan de zones die niet benadrukt werden. Verder was zichtbaar dat na 5 iteraties, bijna enkel nog de focuszones werden bekeken. Na tien iteraties werden de instructies nog amper bekeken.



Afbeelding 70. Heatmaps van iteratie 1 (linksboven), iteratie 5 (midden) en iteratie 10 (rechtsonder)



Afbeelding 71. Focuszones en fixatieduur over de iteraties

Wanneer de twee focuszones onderling werden vergeleken kon geobserveerd worden dat de fixatieduur het langst was op de focuszone die het onderdeel aanduidde op de plaats voor eindassemblage en dit steevast zo was over alle iteraties. Ook was het zo dat de fixatieduur gradueel afnam voor deze focuszone.

Hierbij valt op te merken dat de focuszone op de plaats van eindassemblage een stuk groter afgebeeld staat dan de zone ter hoogte van het picking rek. Mogelijks speelde de grootte van de afbeelding hier ook mee.

TAKE AWAYS

In deze studie vonden de testen plaats in een gecontroleerde labo-omgeving. Een uitdaging is om dit ook verder te gaan testen in een industriële omgeving waar soms ook sprake is van minder ideale omstandigheden zoals weinig lichtinval, vuil en stof.
Uit de resultaten blijkt echter wel dat via eyetracking mogelijks interessante inzichten kunnen bekomen worden om digitale werkinstructies te optimaliseren. Hierbij kan rekening gehouden worden met inzichten die bekomen werden in de studie, al dient er onderzoek te gebeuren op een grotere populatie om dergelijke resultaten te gaan bevestigen.

Take aways voor bijkomend onderzoek:

- Laat de taak een voldoende aantal keer herhalen om een goed zicht te krijgen op graduele afnames/toenames
- Verken andere mogelijkheden voor mobiele eyetracking, aangezien deze technologie nog steeds gepaard gaat met een grote tijdsinvestering wanneer de data moeten worden gecodeerd. Een mogelijkheid zou ook kunnen zijn om een vaste eyetracker op de monitor te monteren zodat alle data automatisch kunnen worden verwerkt.

USE CASE #5:

AR-assisted orderpicking

PROBLEEMSITUERING

Binnen de industrie is er een steeds groter wordende vraag naar maatwerk, kleine oplages en specifieke machines en onderdelen. Hierdoor worden binnen een productieomgeving de levenscycli van producten en technologieën steeds korter aangezien bedrijven snel willen kunnen reageren op de steeds wijzigende vraag naar producten met bepaalde specificaties en wijzigende markttrends. Steeds meer productieprocessen worden als gevolg hiervan geoptimaliseerd en geautomatiseerd. Dit betekent dat gepersonaliseerde operatorondersteuning een steeds crucialere rol zal beginnen spelen in de productieomgeving, aangezien de operatoren sneller zullen moeten kunnen schakelen tussen verschillende taken en technologieën.

Veel bedrijven bieden gepersonaliseerde operatorondersteuning aan in de vorm van visuele instructies, real-time feedback, begeleiding en op maat gemaakte trainingen. Wat betreft gepersonaliseerde operatorondersteuning is het echter vrij moeilijk uit te maken welke ondersteuning precies op maat is van de werknemer en welke technologie best geschikt is om deze ondersteuning real-time aan te bieden.

Binnen de scope van het project kozen we ervoor om eyetracking te gebruiken voor het in kaart brengen van expertise en hierop te onderzoeken hoe informatie omtrent kijkpatronen van experts, niet-experts kan ondersteunen.

AANZET USE CASE

Verschillende bedrijven uit de begeleidingsgroep uitten hun interesse om deel te nemen aan een use case rond gepersonaliseerde operatorondersteuning.

Hierbij gaf het bedrijf Vandewiele aan hun schouders mee te willen zetten onder een concrete uitwerking van een use case. Vandewiele is een Belgisch textielmachineproducent en wereldwijd marktleider wat betreft ontwerp en fabricage van hoogtechnologische machines en oplossingen voor de textielindustrie

Afbeelding 72. Assemblage van een textielmachine bij Vandewiele

Naast zeer geautomatiseerde afdelingen beschikt Vandewiele ook over enkele afdelingen waarbij nog steeds voor een groot stuk menselijke tussenkomst vereist is. Tijdens enkele bedrijfsbezoeken werden de uitdagingen binnen deze afdelingen besproken om na te gaan voor welke productie- en assemblagetaken het opbouwen van een proof of concept een meerwaarde kon zijn.

Eén van deze betrof het ondersteunen van orderpickers tijdens het pickingproces, waarbij realtime gepersonaliseerde operatorondersteuning ingezet zou kunnen worden om het aantal fouten tijdens het pickingproces te reduceren en idealiter uit te sluiten.

Tijdens het picken dienen de orderpickers meerdere barcodes te scannen alvorens items in de pickingbak te deponeren. Bij de huidige manier van werken worden orderpickers aangestuurd en ondersteund via bedrijfseigen software, gepresenteerd op een verplaatsbare monitor. Doordat het aanbod van te picken items steeds uitgebreider wordt, wordt het voor operatoren steeds moeilijker om specifieke informatie gerelateerd aan elk van deze items te onthouden wanneer dit niet via de monitor wordt aangeboden. Meerdere items worden in functie van tijdswinst ook meestal achtereenvolgens gepickt zonder de monitor na elk item opnieuw te raadplegen. Onder meer hierdoor worden kleine details vaak uit het oog verloren en treden er fouten op. Naast het picken van de verkeerde items (type, uitvoering,…) worden items soms ook slechts maar gedeeltelijk gepickt wanneer ze uit meerdere

onderdelen bestaan of worden verpakkingen vaak onterecht geopend wanneer één verpakking overeenkomt met één stuk

.

Naast het feit dat fouten regelmatig voorkomen is het ook zo dat er geen feedbacksystemen voorzien zijn waardoor orderpickers niet kunnen gewezen worden op hun fouten en de mogelijke acties om deze in de toekomst te vermijden. Verder kunnen bij orders met fout gepickte items de kosten hoog oplopen wanneer een verantwoordelijke de fout dient recht te zetten. Ook belanden verkeerdelijk gepickte orders regelmatig op de afvalberg, aangezien de kost om deze terug in stock brengen soms te groot is.

Samengevat zou een voorgestelde oplossing niet enkel het aantal fouten kunnen doen dalen maar kan eveneens ook vermeden worden dat de meer ervaren werknemers moeten worden ingezet voor het opsporen van fouten of het voorzien van begeleiding, wat eveneens resulteert in een efficiëntiewinst.

Bij de keuze van een voorgestelde oplossing werd er onderzocht hoe realtime informatie kan worden aangeboden in deze context en hoe nieuwe of minder geoefende orderpickers ondersteund kunnen worden door experts, zonder hierbij experts extra te gaan belasten in het kader van opleiding of opsporen van fouten. Het resultaat van deze denkoefening werd een augmented reality applicatie, aangeboden via de Microsoft Hololens.

VOORGESTELDE OPLOSSING

De voorgestelde oplossing betreft een combinatie van augmented reality en eyetracking. Augmented reality (AR) is een technologie die het mogelijk maakt om digitale informatie en beelden te combineren met de echte wereld. Dit wordt gedaan door middel van een head-mounted display, zoals een bril of een helm, of door middel van een smartphone-app.

In een orderpickingcontext is het mogelijk om AR op verschillende manieren in te zetten waaronder voor het aanbieden van informatie omtrent:

(1) **Locatie** waarbij orderpickers kunnen zien naar welke plaats er moet genavigeerd worden om de producten te verzamelen en af te leveren.

(2) **Producten** om speciale opmerkingen of extra informatie bijkomend aan te bieden zoals specifieke modelinformatie, veiligheidswaarschuwingen,…

De voorgestelde oplossing voor Vandewiele omvatte een AR-applicatie in de vorm van een proof of concept, waarbij zowel locatie- als productgegevens werden gepresenteerd tijdens het orderpickingproces.

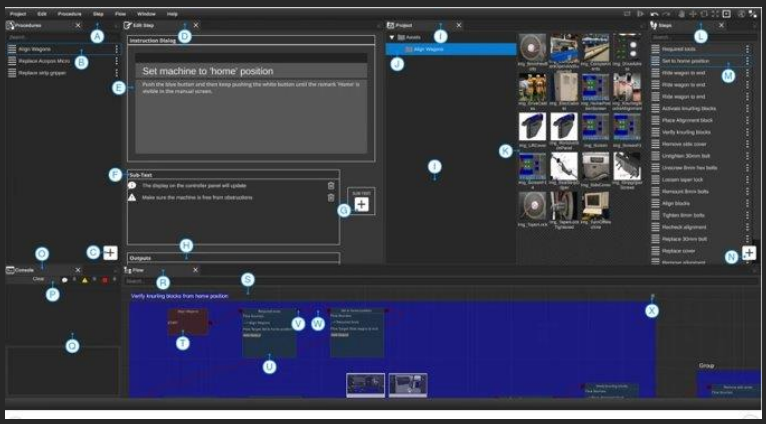
In de proof of concept applicatie die werd gecreëerd verliep het orderpickingproces gelijkaardig zoals bij Vandewiele. Er werd in de applicatie echter een dubbele controle ingewerkt om zeker te zijn dat zowel het juiste product als het juiste aantal items werd gepickt en zo de kans op het maken van fouten te verkleinen. Dit gebeurde met behulp van barcodes op de producten en via barcodes die overeenkwamen met het aantal stuks dat de operator diende te picken.

Afbeelding 73. Testopstelling van de AR- orderpicking applicatie

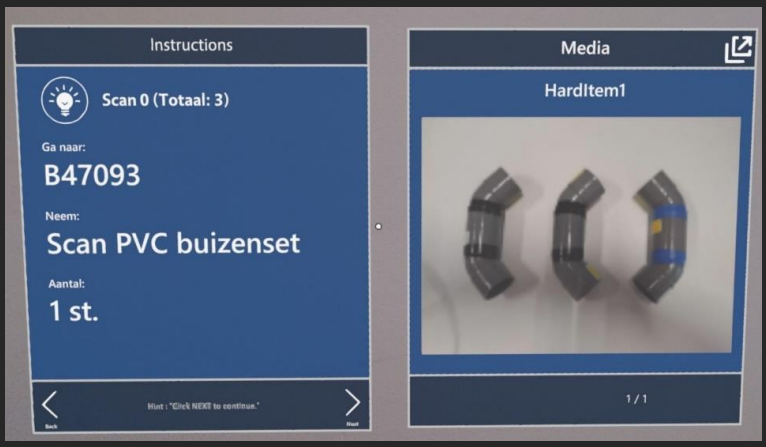
Er werd gekozen om de applicatie te runnen op een Hololens 2. Deze AR-headset beschikt in tegenstelling tot veel andere AR headsets over eyetracking en een groot gezichtsveld (52°). Verder is deze AR-headset een stand-alone device, die over zijn eigen processor en opslagcapaciteit beschikt en dus onafhankelijke is van een smartphone of computer om te werken.

De applicatie & author platform

De applicatie werd ontwikkeld in samenwerking met Supportsquare, waarbij er gebruik werd gemaakt van hun Passerelle Author platform. Via dit platform is het mogelijk om op een snelle manier instructieve applicaties te ontwikkelen voor de Hololens 2 waarbij in de back-end van de applicatie via een nodesysteem makkelijk aanpassingen kunnen worden gemaakt. Ook is het mogelijk om via dit platform andere devices te koppelen met de hololens. Specifiek voor deze use case kon zo de barcode scanner geïntegreerd worden in de applicatie. Verder maakten we ook gebruik van het platform om de eyetracking te activeren en geschreven instructies/ afbeeldingen toe te voegen. Hierbij werd er ook ondersteuning geboden voor het inladen hiervan via JSON files.



Afbeelding 74. Weergave van back-end Author platform

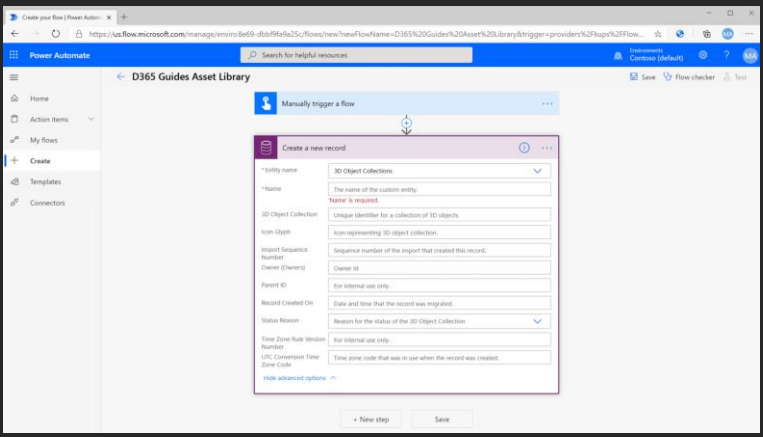


Afbeelding 75. Front-end weergave Author

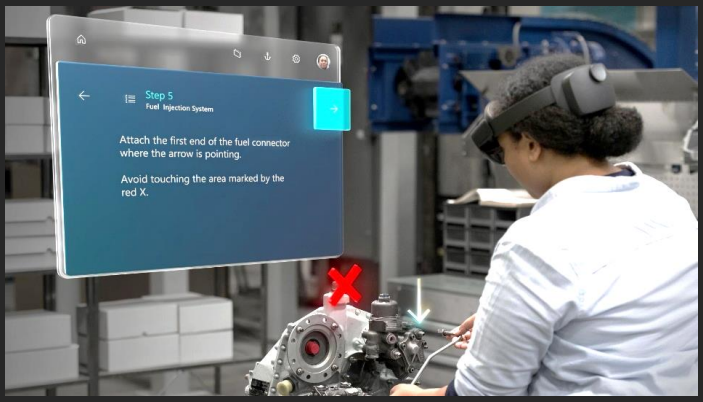
Microsoft Guide platform

Naast het Author platform zijn er ook andere bestaande platformen mogelijk, waaronder het Microsoft Guide 365 platform. Via dit platform kunnen op een simpele manier mooie instructies worden gemaakt waarbij in realtime aanpassingen kunnen worden gedaan. Voor het inladen van instructies is er ook mogelijkheid om te koppelen met een externe database. Het Guide platform geeft ook makkelijk toegang tot andere Microsoft functies zoals Teams. In tegenstelling tot het Author platform kan er echter niet of moeilijk een koppeling worden gemaakt met sensoren (vb. eyetracking) of

externe devices zoals een barcode scanner. Het Author platform biedt dus meer flexibiliteit dan het Guide platform.



Afbeelding 76. Weergave van back-end Microsoft Guide platform



Afbeelding 77. Front-end weergave Microsoft Guide

Unity engine

Naast het gebruik van bestaande platformen zou er eveneens geopteerd kunnen worden om een eigen platform te (laten) ontwikkelen via (zelfgeschreven) software in een engine zoals Unity, waarbij eigen instructies geheel volgens eigen wens kunnen worden ontworpen. Qua flexibiliteit biedt dit de meeste mogelijkheden. Er moet echter wel rekening gehouden worden met langere ontwikkelingstijden, een nood aan expertise en hoge ontwikkelingskosten.

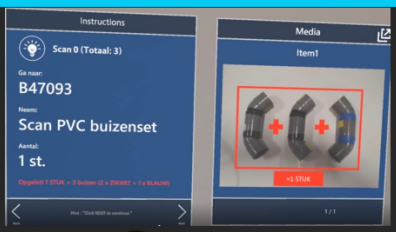
Instructies

De aangeboden instructies in de applicatie werden telkens opgebouwd uit verschillende deelstappen, die op iteratieve wijze werden bijgestuurd na feedback van de betrokken bedrijven en testpersonen. Het ontwikkelingsproces van de applicatie verliep als volgt:

Afbeelding 78.

Het resultaat van de verschillende iteraties was een applicatie met een flow die quasi volledig handenvrij kan worden gebruikt met verschillende deelstappen en scancontroles. Bij elke scancontrole is er een geluid te horen dat verschilt bij een juiste of foute actie. De stappen in de applicatie werden aangeboden in onderstaande volgorde:

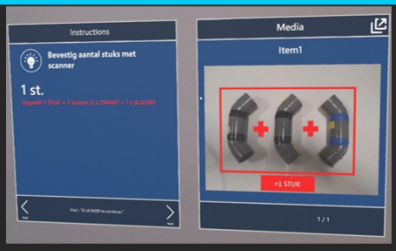
Step 1: Navigatie naar de bronlade



In een eerste frame wordt zowel informatie aangeboden over de locatie als informatie over het te picken item en het aantal stuks. Een rode waarschuwing links onderaan betekent dat men aandachtig moet zijn bij het picken van dit item. Rechts wordt hiervoor de reden aangeduid via een afbeelding. Ter controle dient men de juiste barcode te scannen die gerelateerd is aan het specifieke type product. In realiteit betekent dit dat de orderpicker naar de bronlades wandelt waar de items zich bevinden en het juiste item eruit haalt.

***Scancontrole 1**: Werd het juiste item gepickt?*

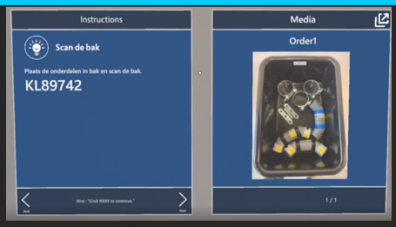
Step 2: Scannen en picking producten



In een tweede frame wordt gevraagd om het juiste aantal producten te scannen. Hierbij wordt er een barcode gescand die het juiste aantal stuks representeert zodat niet alle producten afzonderlijk moeten worden gescand maar er wel aandacht wordt gevestigd op het feit dat er meerdere stuks gepickt dienen te worden. In realiteit betekent dit dat de orderpicker controleert en naziet of hij/zij het juiste aantal items genomen heeft.

***Scancontrole 2**: Werd het juiste aantal stuks gepickt?*

Step 3: Navigatie naar de doellade



In een derde frame wordt gevraagd om de doellade te scannen zodat de gepickte items in de juiste doellade terechtkomen. In realiteit kan deze stap ook ingevoerd worden indien er barcodes op de doellades worden geplaatst.

***Scancontrole 3**: zijn de stuks gedropt op de juiste doellocatie?*

ONDERZOEKSOPZET

In het kader van deze use case werd een studie opgezet waarin we wilden nagaan in welke mate de realtime aangeboden ondersteuning via de AR-applicatie een meerwaarde kon zijn tijdens het orderpickingproces. Verder wilden we via het inzetten van eyetracking nagaan of er verschillen in kijkpatronen aanwezig zijn tussen experts en niet experts met als doel deze informatie terug te kunnen koppelen in het kader van opleiding en instructieoptimalisatie.

8 personen werden gevraagd met behulp van de applicatie een orderpickingtaak uit te voeren waarbij verscheidene gerelateerde items als onderdeel van drie verschillende orders werden verzameld. Hierbij werden de orders en items zo gekozen dat er vergelijkbare fouten werden uitgelokt als tijdens het orderpickingproces bij Vandewiele.

Afbeelding 79. Mock-up orderpicking opstelling met daarbij de bronlocaties (blauwe bakjes) en doellocaties (zwarte bakjes).

Er konden 4 vaak voorkomende aandachtspunten waartegen vaak fouten werden gemaakt onderscheiden worden:

- *Meerdere onderdelen:* een te picken stuk bestaat uit meerdere aparte onderdelen
- *Verpakking:* de te picken stuks dienen verpakt te worden op een specifieke wijze
- *Aantal stuks*: een te picken stuk dient net/wel niet uit de verpakking gehaald worden om het juiste aantal te verzamelen
- *Variant*: het te picken stuk dient juist geselecteerd te worden uit verschillende gelijkaardige varianten

In de aangeboden versie van de applicatie foto's gepresenteerd met daarbij informatie die normaal gezien in de originele software wordt gepresenteerd bij Vandewiele.

Op de foto's werden extra aanduidingen gedaan (vb. hoe het item verpakt dient te worden) en controles toegevoegd via de scanner. Dit gebeurde met behulp van barcodes op de producten en barcodes die het aantal stuks representeerden die gepickt dienden te worden.

Aan de deelnemers werd gevraagd om de taak achtereenvolgens twee keer uit te voeren om oogbewegingen te gaan vergelijken tussen een beginsituatie en een situatie waarin er reeds expertise verworven is.

De oogbewegingen werden geanalyseerd t.a.v. de geprojecteerde instructies in het gezichtsveld met als bedoeling volgende onderzoeksvraag te beantwoorden:

Kunnen er verschillen gevonden worden in kijkgedrag ten aanzien van de tekst en afbeeldingen en verschilt dit kijkgedrag naargelang het expertiseniveau?

RESULTATEN

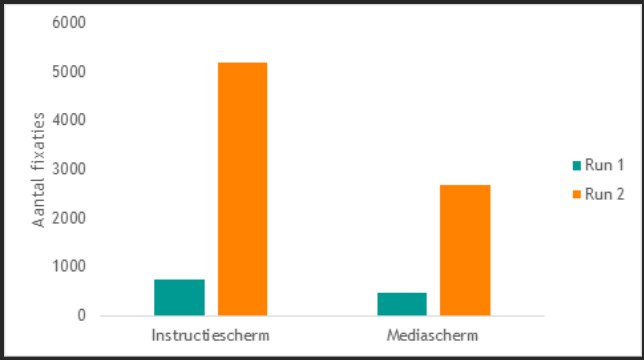
In welke mate zijn er verschillen in kijkgedrag ten aanzien van de tekst en afbeeldingen?
In welke mate verschilt het kijkgedrag naargelang het niveau van expertise?

Uit de eyetracking data blijkt dat proefpersonen tijdens run 1 langer naar het mediascherm met foto's keken dan naar het instructiescherm. Omgekeerd werd er in de tweede run (expert run) langer naar het instructiescherm gekeken dan naar het mediascherm met foto's.

Wanneer we kijken naar het aantal fixaties bleken proefpersonen zowel tijdens run 1 als tijdens run 2 meer te fixeren op het instructiescherm dan op het mediascherm met de foto's. Over het algemeen fixeerden de proefpersonen tijdens de tweede run meer op beide regio's dan tijdens de eerste run.

Het leek erop dat experts dus veel korte fixaties maken en leken eerder weinig lange fixaties maken. Beide groepen kijken vooral naar het instructiescherm, maar leken blijven langer hangen bij het mediascherm. Aangezien fixatieduur een indicator is voor verwerkingsduur lijken deze resultaten te erop te wijzen dat leken meer tijd nodig hadden om de foto te verwerken, terwijl dit bij experts die de foto al eens hadden gezien, vlotter verliep.

Afbeelding 80.Totale fixatieduur op het instructiescherm (tekst) en het mediascherm (afbeeldingen)



Afbeelding 81. Aantal fixaties op het instructiescherm (tekst) en het mediascherm (afbeeldingen)

UITDAGINGEN USE CASE

De grootste uitdagingen in deze use case waren vooral hardwaregebonden. Eén van de hindernissen bestond uit de koppeling van de hololens met de externe hardware waarvan gebruik werd gemaakt nl. de barcode scanner (Honeywell 1274g). De hololens ondersteunt draadloze verbinding via bluetooth voor een toetsenbord en een muis. De scanner diende echter via een omweg verbonden te worden. Ook het activeren van de wireless mode was hierbij een uitdaging omdat de scanner automatisch koppelde met het base station in plaats van met de hololens.

Verder was ook het activeren van de eyetracking een uitdaging, ondanks het gebruik van het Author platform. Voor de eyetracking integratie hebben we zelf enkele Unity scripts geschreven voor de HoloLens 2. We zijn begonnen met een lege scene in Unity en hebben hierin dan enkele scripts aangemaakt voor het verzamelen en wegschrijven van de data.

Wat ook een uitdaging vormt is het koppelen van de applicatie met bedrijfseigen software. Voor deze use case werd er uiteindelijk voor gekozen om dit niet te doen en een mock-up versie te maken, gebaseerd op het feit dat de impact van het tussenkomen in de productiecyclus of productieinfrastructuur binnen de scope van dit project te groot zou zijn.

Een bijkomende uitdaging was ook het verwerken van de data afkomstig van de eyetracking uit de hololens. Een filter moest gebruikt worden om de ruwe data, waarbij x/y cooördinatien werden verzameld, om te zetten naar fixaties (gaze points die in tijd en ruimte dicht bij elkaar liggen) of saccades (snelle oogbewegingen gelinkt aan zoekgedrag).

De Hololens berekent deze fixaties niet zelf. Om een oogbeweging te classificeren kijken we naar de snelheid van de oogbewegingen. In de literatuur wordt een beweging onder 30 graden/s beschouwd als een fixatie. De hololens data bevat de kijkrichting van de gebruiker in 3 dimensies nl. x, y, z. Uit deze vector kunnen we de

snelheid bereken volgens volgende formule waarbij Δt het tijdsverschil is tussen vector (x, y, z) en vector (x_2, y_2, z_2):

$$s = \frac{\cos^{-1} \frac{x \times x_2 + y \times y_2 + z \times z_2}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} * \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2}}}{\Delta t}$$

Deze formule hebben we geïmplementeerd met de python programmeertaal. Python is snel genoeg om de berekening te kunnen doen, waardoor realtime applicaties die gebruik maken van fixatie data op die manier mogelijk kunnen worden gemaakt.

IMPLEMENTATIE IN BEDRIJFSCONTEXT

De implementatie van AR-technologie in een industriële context biedt veel potentieel en voordelen maar komt ook met een aantal hindernissen wanneer deze daadwerkelijk wordt ingezet. Van bij de start dient er rekening gehouden te worden met een aantal technische en praktische overwegingen, waarbij er voldoende zicht moet zijn op hoe de augmented reality ervaring zal worden ingezet.

De meerwaarde van het inzetten van AR-technologie is sterk afhankelijk van het type taak en omgeving. Het grote voordeel van AR dat dient uitgespeeld te worden is dat er visuele informatie realtime kan worden aangeboden in het gezichtsveld. Hierdoor dient de operator zich niet speciaal te gaan verplaatsen richting een scherm om toegang te hebben tot de info.

Specifiek tijdens het orderpickingproces bij Vandewiele was de visuele ondersteuning een grote meerwaarde, aangezien in de huidige situatie de orderpickers de kar met de monitor telkens dienen mee te nemen richting de bron- en doellades. Wanneer de kar niet gebruikt wordt of bijvoorbeeld bij afleiding is de informatie nog steeds aanwezig in het gezichtsveld en dient deze niet terug opgehaald te worden uit het geheugen. Hoewel in de ontwikkelde applicatie voor deze use case enkel foto's en tekst werden aangeboden, is het ook mogelijk om detailplannen, instructievideo's enz. te presenteren. Aangezien de informatie in het gezichtsveld wordt aangeboden is het ook in mindere mate mogelijk deze te negeren dan bij andere technologieën die in orderpicking reeds worden gebruikt. Ook bieden veel AR-devices ondersteuning aan voor audio/spraak waardoor er gelijkaardig zoals bij voice picking zou kunnen worden gewerkt maar dan in

combinatie met het presenteren van visuele info, wat de mogelijkheden verder uitbreidt.

Specifiek voor orderpicking bestaan er reeds een aantal technologieën om dit proces vlotter te doen verlopen waaronder:

- *Voice picking: technologie waarbij orderpickers instructies ontvangen via een headset en hun taken uitvoeren door middel van spraakcommando's.*
- *Radio frequency identification (RFID): technologie waarbij producten en pallets worden uitgerust met een RFID-chip die kan worden gelezen met een RFID-reader. Dit kan helpen bij het efficiënter verzamelen van orders, aangezien de orderpickers de locatie van specifieke producten snel kunnen opzoeken en terugvinden.*
- *Pick-to-light: technologie waarbij een lichtbalk of display wordt gebruikt om orderpickers te wijzen op de locatie van specifieke producten die moeten worden verzameld.*
- *Pick-to-voice: technologie die vergelijkbaar is met voice picking maar waarbij orderpickers instructies ontvangen via een spraaksysteem ipv een headset.*

AR dient dus niet altijd een vervanger te zijn van bestaande technologieën maar kan in combinatie met reeds werkzame systemen ook een meerwaarde bieden.

Samengevat dient er dus van in het begin een duidelijke visie te zijn op hoe AR zal worden ingezet om te kunnen bepalen of dit mogelijk is in een huidige of nieuw te lanceren workflow. Dit zal o.a. een impact hebben op de latere keuze van de hardware, de ontwikkeling van de software en gebruiksinterfaces waardoor er zicht komt op de mogelijkheden om de AR-ervaring naadloos te laten aansluiten en te integreren in de rest van de (bedrijfs)eigen software.

Verder dient er ook te worden vermeld dat het implementeren van AR-systemen in de bedrijfswerking een kost met zich meebrengt, waarbij niet enkel rekening moet gehouden worden met de aankoopprijs van de hardware, maar ook met de ontwikkelingskosten van de applicatie alsook het onderhoud ervan. Hiernaast dient er tijd te worden geïnvesteerd in opleiding van de medewerkers.

Verder moet er ook voldoende aandacht zijn voor privacy en beveiliging. Via AR-systemen en eyetracking kan gevoelige informatie worden verzameld, waarbij ook de GDPR-richtlijnen van toepassing zijn. Het voldoende briefen van werknemers over welke informatie precies zal worden bijgehouden en waarvoor deze zal gebruikt worden is ook een vereiste om te leiden tot acceptatie op de werkvloer. Dit is niet vanzelfsprekend aangezien sommige werknemers wantrouwig zullen zijn t.o.v. het inzetten van nieuwe technologie of de meerwaarde niet zullen erkennen. Verder is het aangeraden om de medewerkers ook voldoende te betrekken bij de ontwikkeling van de AR-applicatie om zo op iteratieve wijze nog te kunnen ingrijpen.

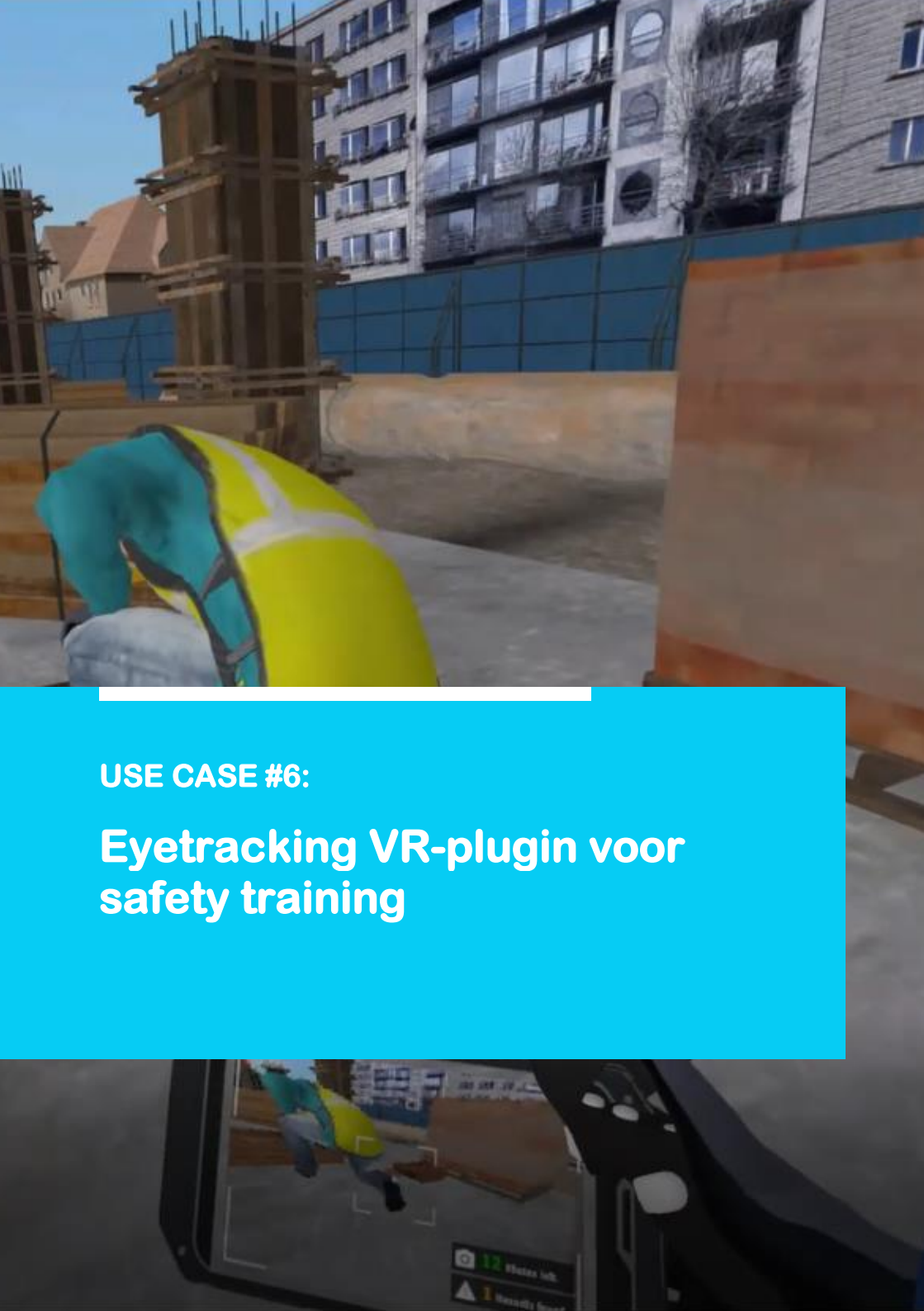
Verder is het zo dat ook de veiligheid op de werkvloer niet uit het oog mag verloren worden bij het gebruik van augmented reality. Wanneer AR verkeerd wordt ingezet kan het afleiden van de werkelijke omgeving, wat kan leiden tot fouten of werkongevallen. Er dient dus voor gezorgd te worden dat AR-systemen op een verantwoorde manier worden gebruikt. Ook hardware is er meer en meer op voorzien om te voldoen aan de veiligheidsvereisten op de werkvloer, waarbij de headsets bijvoorbeeld gedragen kunnen worden in combinatie met een veiligheidshelm of voor gebruik in clean rooms.

*Specifiek voor de hololens zijn er verschillende uitvoeringen beschikbaar die aangepast zijn voor gebruik in een industriecontext zoals de **Microsoft Hololens Trimble XR 10** versie. Deze versie bestaat uit een gecertificeerde bouwhelm in combinatie met de hololens 2. De audio in deze headset werkt met bone conduction waardoor hij perfect is aangepast voor gebruik bij veel omgevingsgeluid en dus ook in lawaaierige werkomgevingen gebruikt kan worden.*

Afbeelding 82. Microsoft Trimble XR10

TAKE AWAYS

- Het inzetten van AR via de hololens in combinatie met eyetracking bewijst vooral zijn meerwaarde tijdens het opleidingsproces en als kennismaking met de werkvloer om na te gaan in welke mate expertise werd verworven. Voor permanent gebruik bestaan er betere en lichtere alternatieven.
- De analyse van de eyetrackingdata is tot op vandaag nog niet volledig geautomatiseerd. Deze data dient nog steeds geïnterpreteerd te worden en kan niet los gezien worden van de context.
- Indien er een koppeling moet gemaakt worden met interne systemen is het belangrijk dit al mee te nemen in het begin van het ontwikkelingsproces.
- De bediening van AR-applicaties gebeurt best zoveel mogelijk handsfree tijdens het orderpickingproces om het werkritme niet te gaan verstoren.



USE CASE #6:

Eyetracking VR-plugin voor safety training

PROBLEEMSITUERING

Virtual Reality (VR) wordt steeds populairder bij industriebedrijven voor het opleiden van medewerkers en biedt specifieke voordelen ten opzichte van traditionele trainingen.

Voordelen van virtual reality trainingen zijn te situeren op vlak van:

1. **Immersie**: VR biedt een immersieve ervaring waardoor de werknemers zich in een virtuele omgeving kunnen verplaatsen en kunnen interageren met objecten en situaties. Hierdoor kunnen ze zich beter voorbereiden op reële situaties.
2. **Veiligheid**: VR maakt het mogelijk om gevaarlijke situaties te oefenen zonder dat er daadwerkelijk risico's genomen hoeven te worden.
3. **Personalisatie**: VR kan gebruikt worden om training op maat te geven, waardoor werknemers op een efficiëntere manier kunnen leren.
4. **Flexibiliteit**: VR-trainingen kunnen op elk moment en op elke locatie worden afgenomen, waardoor deze gemakkelijk in de drukke werkschema's van de werknemers kunnen worden ingepast.
5. **Vermindering van kosten**: VR-trainingen kunnen minder kosten met zich meebrengen in vergelijking met traditionele trainingsmethoden zoals opleidingen op locatie of het gebruik van simulatoren.
6. **Meer realistische trainingservaring**: door de immersie van de VR-ervaring kan de training meer realistisch zijn dan bijvoorbeeld een 2D-video.

Ondanks de vele voordelen gaat het opbouwen van een VR training echter gepaard met een grote tijdsinvestering voor de aanbieders ervan. Hierdoor blijft er vaak weinig ruimte over voor de verkenning van nieuwe mogelijkheden en technologieën om de VR-trainingen te optimaliseren.
Eén van de technologieën die steeds vaker standaard beschikbaar is in VR headsets is eyetracking. Via deze technologie is het mogelijk oogbewegingen te registreren en zo o.a. na te gaan hoe de visuele aandacht van de gebruiker verdeeld is over de virtuele omgeving. Op basis van deze informatie kan de training aangepast

en geoptimaliseerd worden om zo betere ondersteuning te kunnen bieden naargelang het ervaringsniveau van de gebruiker.
Het implementeren van eyetracking in trainingen, het interpreteren van de resultaten en de omzetting hiervan in zinvolle parameters zijn echter processen waar gespecialiseerde ondersteuning voor nodig is die vaak niet beschikbaar is binnen de bedrijven van de aanbieders. Het zou voor deze bedrijven een grote meerwaarde kunnen zijn indien deze processen geautomatiseerd kunnen worden en er een pasklare oplossing zou kunnen worden geboden hiervoor.

VOORGESTELDE OPLOSSING

Uit navraag bij verschillende bedrijven kwam naar voor dat een generieke plugin voor VR-trainingen een oplossing zou kunnen bieden voor de eerder genoemde problemen wanneer deze functioneel kan worden ingezet om op een toegankelijke manier data te verzamelen, visualiseren en analyseren. Voor deze use case werd beslist om een dergelijke plugin te gaan ontwikkelen met als bedoeling deze te kunnen toepassen op een bestaande VR-training ontwikkeld door één van de deelnemende bedrijven aan de begeleidingsgroep.

Het bedrijf Supportsquare gaf aan zijn medewerking hiervoor te willen verlenen, waarbij er werd voorgesteld om de te ontwikkelen plugin toe te passen op een bestaande veiligheidstraining nl. de SAVR applicatie. Deze training werd ontworpen voor middelbare scholieren om veiligheidsrisico’s te leren inschatten bij het betreden van een bouwwerf. In deze training krijgen ze de kans om vrij rond te lopen op de bouwwerf en dienen ze gevaarlijke situaties die kunnen leiden tot arbeidsongevallen te fotograferen met een virtuele smartphone.

Het toevoegen van eyetracking via een plugin aan deze training zou een meerwaarde kunnen zijn, aangezien er in de huidige training na het fotograferen niet kan worden vastgesteld of de gebruiker zijn/haar aandacht voordien wel degelijk heeft gefocust op het item dat exact het gevaar aan de situatie reflecteert (vb. voeten in geval van de situatie afgebeeld in afbeelding 83).

Afbeelding 83. Voorbeeld van een gevaarlijke situatie: arbeider draagt geen aangepaste werkschoenen

Er werd besloten deze plugin vorm te geven in het kader van de use case. Deze werd opgebouwd als een generieke en externe laag voor gebruik in Unity 3D game engine applicaties zodat deze makkelijk kan worden toegevoegd en gekoppeld aan niet enkel de veiligheidstraining maar ook andere bestaande applicaties, ontwikkeld voor gebruik op zowel de pico neo 2 eye als de htc vive pro eye headsets.

Om in de VR training te kunnen detecteren of de gebruiker de correcte gevaren heeft bekeken dienen er “Areas of Interest” opgebouwd te worden overeenkomstig met de kritieke zones om relevante eyetrackingdata te kunnen gaan verzamelen via de plugin. Voor het visualiseren en analyseren van de data werd gebruik gemaakt van een hiervoor ontwikkelde website die naast eyetrackingdata ook bijkomende datastreams kan opvangen zodat in latere fase ook andere metingen kunnen worden toegevoegd.

Verschillende functionaliteiten werden ingewerkt in de plug-in waardoor deze de volgende mogelijkheden biedt:

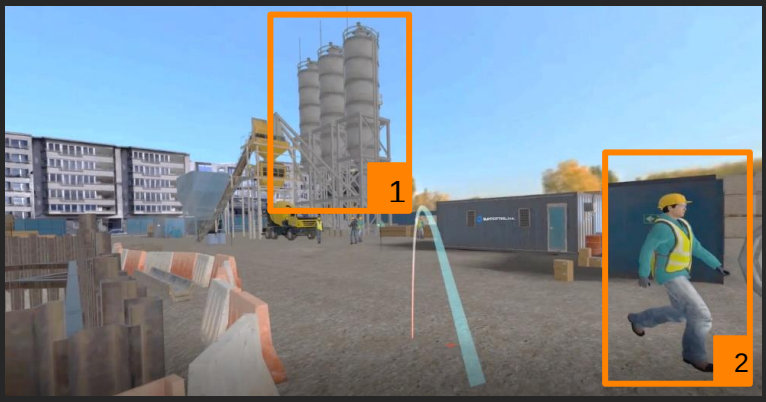
- Verzamelen van eyetrackingdata ten aanzien van zowel statische als bewegende objecten in de virtual reality omgeving
- Generatie van (live) heatmaps die bekeken kunnen worden in de software of in de virtuele omgeving
- Ondersteuning voor meerdere types VR-headsets, waaronder de Pico Neo eye 2 en de HTC Vive Pro Eye en makkelijk uit te breiden voor gebruik met andere headsets

- Activeren van diverse datastreams zodat er naast eyetracking ook andere types data kunnen worden opgevangen en gestreamd (vb. hartslagdata, huidgeleidingsdata,…)
- Loggen van demografische gegevens
- Diverse manieren voor de creatie van areas of interest waarbij dit zowel automatisch als handmatig kan gebeuren

De verschillende functionaliteiten worden hierbij verder uitgelicht:

Verzamelen van eyetrackingdata ten aanzien van zowel statische als bewegende objecten in de virtual reality omgeving

In een virtual reality training kan de gebruiker zowel in contact komen met stilstaande (1) als bewegende objecten (2). In de SAVR applicatie kunnen dynamische objecten overeenkomen met personen, bouwmaterialen, voertuigen die in beweging zijn. Stilstaande objecten kunnen in deze training overeenkomen met muren, gebouwen,… Het registreren van eyetrackingdata ten aanzien van beide types verloopt verschillend.



Afbeelding 84.

De meeste areas of interest of “kritieke regio’s” bestaan uit statische objecten, die niet kunnen/zullen bewegen. Hierdoor is het eenvoudig om de area of interest over een tijdslijn te berekenen omdat als je naar een punt kijkt, de area niet zal veranderen. De te tracken regio van een dynamisch object verandert echter wel en moet daarom anders behandeld worden.
De tool behandelt dynamische en statische objecten automatisch anders en zorgt ervoor dat alles correct wordt geregistreerd. Er zijn twee manieren om het type area of interest te gaan specifiëren:

1) Manueel: Elk object wordt manueel in de tool gesleept en manueel ingesteld. Hierbij zijn er veel mogelijkheden zoals het instellen van benamingen en enkele andere extra parameters. Hierdoor is er meer controle over de objecten maar wordt er wel een grote tijdsinvestering vereist indien het gaat over grote scènes.
2) Automatisch: Deze manier zorgt ervoor dat er snel een volledige scene kan omgezet worden met slechts een klik. Dit is een snelle manier maar zorgt ervoor dat er geen individuele instellingen kunnen worden gebruikt.

Naast de bestaande mogelijkheden kunnen er in de toekomst nog meer manieren voorzien worden om areas of interest in te stellen. De eerste manier is op basis van het kijkgedrag van de gebruiker. Er kan een area of interest gegenereerd worden op locaties of objecten waar er vaak naar gekeken wordt. Op die manier zouden er “gepersonaliseerde” areas of interest kunnen worden opgemaakt. Ook op basis van AI is het mogelijk om areas of interest aan te maken, waarbij het grote voordeel zou zijn dat het instellen van grotere scènes automatisch zou kunnen verlopen in combinatie met gepersonaliseerde instellingen.

Generatie van (live) heatmaps die bekeken kunnen worden in de software of in de virtuele omgeving

Heatmaps geven de verdeling en intensiteit van de visuele aandacht weer op een eenduidige en intuïtieve manier door middel van kleuren die mee variëren met de fixatieduur of het aantal fixaties en waarbij intense kleuren een weergave zijn van een grotere mate van visuele aandacht.
Heatmap visualisatie analyse kan in twee groepen opgedeeld worden, live en file visualisatie. Live heatmaps zijn handig omdat ze real-time informatie kunnen bieden over de verdeling van de activiteiten of het gedrag van een persoon, in een bepaald gebied of ruimte. Dit kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor:

- Reactie vermogen
- Beslissing analyse
- Ter plaatse analyse

File visualisatie biedt een andere visualisatie en brengt andere analysemogelijkheden met zich mee. Het is mogelijk om dezelfde analyse te doen via file visualisatie als de live view maar er gaat veel informatie verloren omdat deze gelinkt is aan informatie die

niet mee werd opgeslagen. File visualisatie kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor:

- Groep analyse (Storende elementen in scenes)
- Aantal fixaties per object
- Grote afnames

Ondersteuning voor meerdere types VR-headsets

De applicatie is ontworpen om compatibel te zijn met meerdere virtual reality (VR) headsets en om in de toekomst gemakkelijk nieuwe headsets toe te kunnen voegen. Momenteel maakt de tool het mogelijk om twee VR headsets aan te sluiten en snel een verbinding te maken tussen Unity en de head-mounted display (HMD), namelijk de Vive pro eye en de Pico Neo 2 eye.

Activeren van diverse datastreams zodat er naast eyetracking ook andere types data kunnen worden opgevangen en gestreamd

De configurator is gekoppeld aan een website die beschikt over verschillende manieren om data op te vangen en te verwerken. Data wordt via een datastream vanuit de applicatie gestuurd en opgevangen door de website. Vanaf dit punt zijn er drie verschillende opties:

1. Opslaan: de website laat toe om de opgevangen data op te slaan in .csv files voor latere analyse of ander gebruik.
2. Realtime analyse: de analyse kan direct plaatsvinden. Dit neemt de opgevangen data en voert een manipulatie toe op deze data.
3. Visualisatie: Om data te kunnen bekijken en analyseren moet de data zichtbaar zijn en duidelijk. Hiervoor kan de website elke stream elk deel van de data live visualiseren voor de gebruiker.

Om de data te manipuleren zijn er kleine programma's geschreven die beschikbaar zijn via de website. Deze kunnen opgestart worden en zullen automatisch data opvangen/manipuleren en deze terug naar de website versturen waar verdere manipulaties kunnen gebeuren.

1. Pdf service: Deze service zal opgevangen data manipuleren en in een meer leesbare vorm factor opzetten en dan vervolgens opslaan in een pdf formaat.
2. Fixation service: De fixation service neemt ruwe oog data binnen en manipuleert deze data om tot een fixatie of sacade te komen.

Loggen van demografische gegevens

Om data van gebruikers uit elkaar te kunnen houden en dit invloed kan hebben op delen van de analyse is er een optie om demografische gegevens eenvoudig door te sturen via de tool en dit op te slaan op de website.

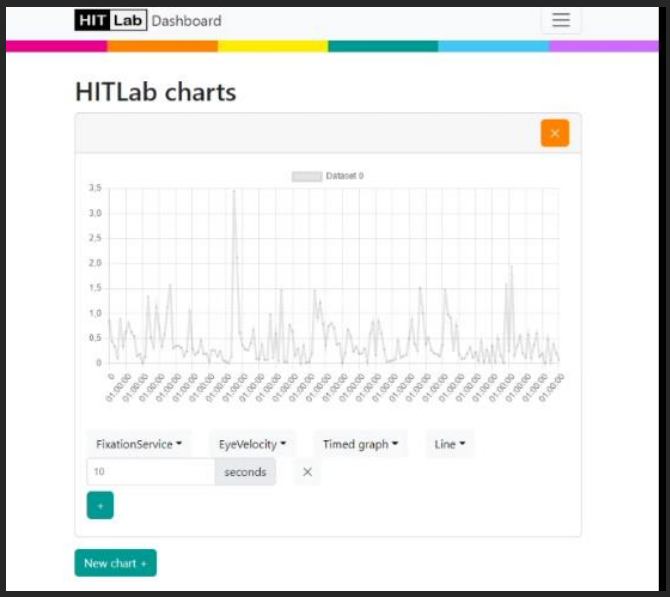
INTEGRATIE IN SAVR TRAINING

De plug-in werd uitgetest op de eerder vermelde safety training van Supportsquare. Hierbij werd getest of de oogbewegingsdata correct werd geregistreerd, opgeslagen en gevisualiseerd.

De visualisatie van de fixaties gebeurde via de Unity Hub en kon zowel realtime bekeken worden als achteraf.

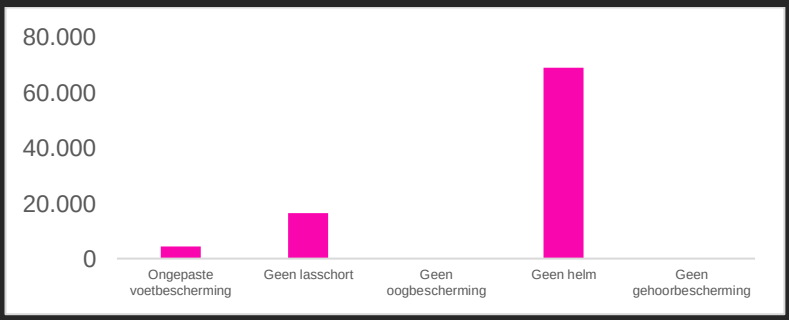
Afbeelding 85. Live weergave van de heatmap (aantal fixaties) in virtual reality van zowel statische als dynamische areas of interest.

Hierdoor kon er geobserveerd worden of er daadwerkelijk op het juiste gevaar of de juiste persoon gefixeerd was.
De datastreams werden gelogd via de website waarbij in realtime kon worden meegevolgd op welke locatie de persoon aan het fixeren was. De loggegevens hiervan werden automatisch opgeslagen en waren na het beëindigen van de training beschikbaar in de vorm van een .csv file.



Afbeelding 86. Via de website worden de eyetracking loggegevens opgeslagen in een tekstfile *en en toegankelijk gemaakt voor verdere analyse*

Door deze .csv file in te laden in een zelfgeschreven calculatorprogramma konden een aantal metrieken gerelateerd aan fixaties berekend worden per area of interest, wat in dit geval gevaarlijke situaties waren.



Afbeelding 87. Individuele analyse van de totale fixatieduur ten aanzien van de area of interest die het gevaar weergeeft. Sommige gevaren zoals het ontbreken van oogbescherming werden niet opgemerkt terwijl er heel lang werd gekeken naar de zone op het hoofd van een virtuele werfmedewerker die geen helm droeg.

UITDAGINGEN EN IMPLEMENTATIE IN ANDERE VR TRAININGEN

Tijdens het uitbouwen van de plug-in werden we geconfronteerd met een aantal uitdagingen waarvan de meesten gerelateerd zijn aan het voorzien van een serieuze tijdsinvestering en daarbij horend ook een kost.

Eén ervan betrof het combineren van verschillende codebases. Een codebase is een verzameling van broncode voor een computerprogramma of een groep van programma's. Het bevat de bestanden die de softwaremogelijkheden bevatten en de manier specifiëren waarop deze worden georganiseerd en onderhouden. Codebases kunnen zowel privé als open-source zijn en worden vaak gebruikt door ontwikkelaars om samen te werken aan softwareprojecten. Het probleem is echter dat deze vaak op verschillende manieren geschreven en georganiseerd zijn, wat kan leiden tot conflicten tussen verschillende stukken code. Het combineren van codebases is geen evidentie vaak waarvoor diepgaande kennis is vereist, zowel over deze materie als de gebruikte technologieën. Voor de ontwikkeling of verdere uitbouw van de plug-in is er dus nood aan IT-profielen met specifieke expertise en vaardigheden om dit proces succesvol te laten verlopen.

Daarnaast is het belangrijk dat de plugin ook gebruiksvriendelijk genoeg is voor bedrijven die inhouse beschikken over minder technische en/of IT-expertise. Het installatieproces en de gebruikersinterface van de plug-in dienen daarom zo eenvoudig mogelijk te zijn. Zeker voor het installatieproces is dit geen evidentie want dit impliceert dat er zoveel mogelijk op voorhand geautomatiseerd moet worden. Dit gaat echter gepaard met een serieuze tijdsinvestering in het development proces.

Ook de gebruikersinterface is belangrijk voor een succesvolle inzet in andere VR-trainingen. Het is de manier waarop een gebruiker communiceert met een applicatie of tool, wat cruciaal is voor het gebruiksgemak en de gebruikerservaring. Deze gebruikersinterface moet er eveneens voor zorgen dat de plug-in snel en efficiënt kan worden aangestuurd. Om tot een eenvoudig te gebruiken user interface te komen is het enorm belangrijk dat een iteratief proces met voldoende stappen wordt doorlopen, wat ook weer gepaard gaat met een tijdsinvestering.

Hiernaast kan het ook een uitdaging zijn om de Areas of Interest op voorhand te gaan definiëren in een VR eyetracking training. Aangezien het menselijk oog een dynamisch en complex orgaan is valt het soms moeilijk te voorspellen naar waar een persoon zal kijken eens deze de training aan het uitvoeren is. Ook de context bepaalt of er naar bepaalde areas of interest zal gekeken worden. Om nauwkeurige eyetrackinggegevens te gaan verzamelen is het daarom van belang dat de verschillende area's of interest (dynamisch of statisch)betrouwbaar gedefinieerd kunnen worden en deze ook uit elkaar worden gehouden wanneer er detectie moet op plaatsvinden.

Verder is ook de visualisatie van de eyetracking gegevens een uitdaging, aangezien er enorm veel data moet verwerkt worden om dit te kunnen gaan doen. Dit proces kan geoptimaliseerd worden door het gebruik van de GPU (Graphics Processing Unit, grafische kaart). Het geheugen op de GPU is echter ook nog steeds gelimiteerd. Om ervoor te zorgen dat de plugin op veel computers kan worden gebruikt, kan er een limiet ingesteld worden van hoeveel data er gevisualiseerd kan worden. Deze limiet is vastgezet op 10.000 punten. Dit is nog steeds een groot aantal punten maar voor oog data is deze buffer in 20 minuten vol. De buffer kan ook worden aangepast zodat meer datapunten worden meegenomen. Om toch alle gevisualiseerde data te kunnen gaan bekijken werd er gewerkt met een tijdslijn die je achteraf kan gebruiken.

Om de plug-in dus daadwerkelijk te integreren in een bestaande VR-training vergt dit wel enige voorkennis en aandacht. Er bestaan alternatieven voor de ontwikkelde plug-in, maar deze zijn niet altijd even flexibel. Eén van deze alternatieven is de VIZARD software van WorldVIZ.

WorldViz is een bedrijf dat software ontwikkelt voor virtuele en augmented reality (VR en AR) toepassingen. De software van WorldViz wordt gebruikt voor verschillende toepassingen, waaronder architectuurontwerp, opleiding en simulatie, onderzoek en ontwikkeling, en marketing en verkoop.

De software van WorldViz biedt een brede reeks van functionaliteiten, waaronder:

- 3D-modellering en -animatie
- Virtual Reality (VR) en Augmented Reality (AR) visualisatie
- Ondersteuning voor verschillende VR/AR hardware, zoals head-mounted displays (HMD's) en bewegingssensoren
- Interactie en gebruikersbesturing
- Data-integratie en analyse

De software van WorldViz is speciaal ontworpen om gebruikers de mogelijkheid te geven om hun 3D-modellen te visualiseren in een virtuele of aangevulde omgeving. Hierdoor kunnen gebruikers hun ontwerpen bekijken en verkennen, alsof ze in de echte wereld zijn, en dit kan helpen bij het verkrijgen van inzicht in de ontwerpen en het identificeren van eventuele problemen.

De software van WorldViz, genaamd Vizard, heeft de mogelijkheid om eyetracking data te verzamelen van verschillende soorten eyetracking hardware (o.a. Vive Pro Eye, HP Reverb Omnicept edition, …)

De software van WorldViz biedt ook een aantal tools voor het analyseren en visualiseren van de eyetracking data. Hiermee kunnen gebruikers de data analyseren en inzicht krijgen in hoe gebruikers hun ontwerpen bekijken en verkennen.

Het is belangrijk om te vermelden dat de eyetracking functionaliteit een optionele component is van de software van WorldViz en dat het afhankelijk is van de gekozen hardware. Het is dus belangrijk om te controleren of de gekozen hardware ondersteund wordt door de software.

TAKEAWAY

- Ondanks het toegankelijker worden van de eyetrackingdata via de plug-in, is er nog steeds nood aan tijd en expertise om deze data te gaan interpreteren.

DEEL 4

SLOT

ALGEMENE CONCLUSIE EN TOEKOMSTVISIE

Dit project heeft ons, onderzoekers met een achtergrond in psychologie, ingenieurswetenschappen en game development de kans gegeven om eyetracking technologie, een techniek die tot op vandaag vooral in gecontroleerde omstandigheden in onderzoekslaboratoria werd toegepast, ook in de “echte wereld” toe te passen. Onze vraag was dan ook: “Hoe kan eyetracking worden ingezet in de industrie en kan deze een toegevoegde waarde betekenen bij het opleiden en/of ondersteunen van mensen? “

De use cases die werden beschreven in dit naslagwerk tonen aan dat deze “vertaling” niet zonder slag of stoot is verlopen. Om deze “nieuwe” technologie maximaal te laten renderen moet er vooral worden gefocust uitdagingen die het waard zijn om op te lossen. “Aim high or go home!”-mentaliteit is dan ook in deze fase heel erg belangrijk. Ook is het belangrijk dat je als onderzoeker goed de context van de uitdaging snapt zodat je de juiste hardware selecteert die maximaal rendeert in deze omgeving en met deze specifieke groep gebruikers.

We kunnen stellen dat de hardware die momenteel beschikbaar is, in termen van kwaliteit van metingen, echt wel de beloftes inlost. Mobiele eyetracking (en zelfs eyetracking met screen based eye trackers) is toe te passen in de moeilijkste omgevingen en is weinig invasief voor de persoon die wordt getrackt. Ook geven de parameters die met eyetracking worden bekomen, mits een clever experimenteel design, goede inzichten over het expertiseniveau van een persoon in een bepaalde taak en laat het toe om meer inzicht te krijgen in wat van een expert nu precies een expert maakt. Toch moeten we ook eerlijk toegeven dat het toepassen van eyetracking op grote schaal op dit moment weinig realistisch is. De analyse van de data, vooral dan bij mobiele eye trackers, vergt momenteel nog grote inspanningen. De grote vooruitgang zal op dat vlak moeten komen van slimme algoritmes die ons zullen helpen om de grote hoeveelheid aan complexe data om te zetten in waardevolle inzichten. Hier zijn we mee aan de slag gegaan maar vervolgonderzoek is zeker nog nodig om dit verder te gaan ontwikkelen en verfijnen.

Een interessante evolutie is dat eyetracking aan belang wint in eXtended Reality (XR) toepassingen. Eye trackers worden in meer in meer XR devices ingebouwd, of om de grafische rekenkracht te focussen op de zone waar de persoon naar kijkt, of als een nieuwe manier om met technologie te communiceren. Het analyseren van aandacht naar virtuele objecten is namelijk gemakkelijker te automatiseren dan bij reële objecten. Wij geloven dat het vooral deze evolutie zal zijn die eyetracking technologie de boost zal geven om de grootste impact in de industrie en ons dagelijks leven te maken. We zijn ervan overtuigd dat eyetracking in de “smart glasses” van de toekomst een belangrijke rol zal spelen en pas dan zullen we het volledige potentieel van deze schitterende technologie ten volle kunnen benutten. Wij hopen met dit project een bedrage te hebben geleverd aan deze evolutie.

Het Projectteam ExpertGaze

Stuurgroep members

SUPPORTSQUARE
VR/AR/XR – remote assistance- operator support- trainingsplatformen

ONEBONSAI
Virtual Reality Solutions for Companies
Virtual reality- training – safety

PLAY IT
GAME BASED LEARNING
Game-based learning – safety

ARKITE
Operator support – AR projectie

Dynamic Dimensions
AR E-learning – Product AR

poppr
360 video- visualisatie – Web – AR - VR

DAE STUDIOS
Videogame incubator - accelerator

uxpro
UX-research – usability testing – interactive prototyping

CNH INDUSTRIAL
Agriculture construction

VANDEWIELE
Textiel- en textielmachines

WAAK
Maatwerk

open ATELIER
Maatwerk

buseloc
Maatwerk

PICANOL
Let's grow together
Weefmachines – onderdelen

mact
flow improvement – optimalisatie werk- en productieprocessen

MONOA
Health-monitoring – stress measurement

Overheids- en koepelorganisaties - Dissiminatiepartners

VDAB

POM West-Vlaanderen

.AGORIA

voka Vlaams netwerk van ondernemingen

FLANDERS MAKE
DRIVING INNOVATION IN MANUFACTURING

4WERK
Samen | Sociaal | Duurzaam | Ondernemen

CIDS&S.be
CLUSTER FOR INNOVATION IN DEFENCE, SAFETY AND SECURITY

KONINKLIJK HOGER INSTITUUT
150 jaar *think tank* voor DEFENSIE

ibz
Sécurité Civile
Civiele Veiligheid
Zivile Sicherheit

Federale Politie

Federale Overheidsdienst FINANCIEN

FLEGA
FLEMISH GAMES ASSOCIATION

innovation forward

COLOFON

Dit boek werd gepubliceerd door HITLab in het kader van het TETRA project ExpertGaze, gesubsidieerd door VLAIO.

Credits

Auteurs	Laetitia De Leersnijder, Jelle Demanet, Athanasia Symeonidou, Sam Van De Walle, Siemon Verreyken, Arthur d'Hooge, Ine Van der Cruyssen, Jonas De Bruyne
Grafisch design, lay-out & cover	Athanasia Symeonidou
Projectleiders	Jelle Demanet Laetitia De Leersnijder
Projectverantwoordelijke	Jelle Demanet

Dankwoord

Vanuit HITLab willen wij iedereen bedanken die mee betrokken was bij het project en het schrijven van dit naslagwerk. Ook willen we de bedrijven en organisaties bedanken voor hun betrokkenheid, alsook voor het ter beschikking stellen van de nodige mensen en middelen om de use cases te kunnen uitvoeren. Daarnaast willen we in het bijzonder de stuurgroepleden bedanken voor hun input tijdens de contactmomenten die als motivatie diende tijdens dit boeiende project.

Contact

Vragen over het boek?
E-mail ons gerust voor meer informatie:
hitlab@howest.be

© 2023, Human Interface Technology Lab, Hogeschool West-Vlaanderen

Hoe kunnen werknemers beter ondersteund worden tijdens het uitvoeren van hun job door het inzetten van nieuwe technologieën zoals eyetracking? In het project ExpertGaze werd deze vraag onderzocht door visuele aandachtspatronen van experten te gaan vergelijken met deze van niet-experten. Hiervoor werden verschillende use cases opgezet in diverse contexten waarin het potentieel kon worden aangetoond van deze technologie. Hiermee is het niet enkel de bedoeling de bedrijfswereld te gaan informeren maar ook te inspireren over de mogelijke toepassingen van eyetracking en een brug te slaan tussen de bedrijfswereld en bestaande technologie.

HIT Lab

howest university of applied sciences

AGENTSCHAP INNOVEREN & ONDERNEMEN

Vlaanderen is ondernemen