

Op weg naar evidence-based cameraplannen voor brugbediening

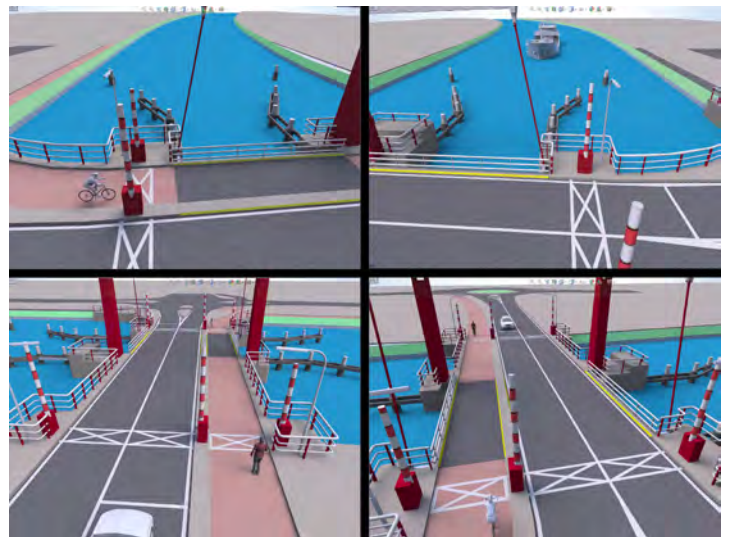
Iedere vaarwegbeheerder vindt momenteel zijn eigen wiel uit als het gaat om het presenteren van camerabeelden bij afstandsbediening van bruggen. Op initiatief van Provincie Zuid-Holland is een onderzoek uitgevoerd om op een evidence-based manier een keuze te maken voor een uniform cameraplan voor haar bruggen. In dit artikel lees je de uitkomsten van het onderzoek en is een eerste stap gezet in de ontwikkeling van evidence-based cameraplannen voor brugbediening.

Jorrit Jansen, Manon Kühne en Martijn van der Wurff

In Nederland is het al een tijd zo dat bruggen op afstand bediend worden vanuit daarvoor bestemde bedienencentrales. In deze centrales zitten meer bedieners in één ruimte. Zij werken samen om een veilige en vlotte doorstroming van weg- en vaarwegverkeer mogelijk te maken. Hierbij zijn zij afhankelijk van camerabeelden om het bedienproces veilig te doorlopen.

Provincie Zuid-Holland streeft naar een uniforme manier om bruggen in beeld te brengen. De diversiteit in typen bruggen, afmetingen van de bruggen en verkeerssituaties is echter van invloed op de cameraplannen en daardoor op de wijze waarop bedieners de brug waarnemen. Iedere keer als een bediener een andere brug gaat bedienen, moet de bediener hierdoor wennen aan de beelden die gepresenteerd worden. Dit proces noemt men het verkrijgen van *situational awareness*.

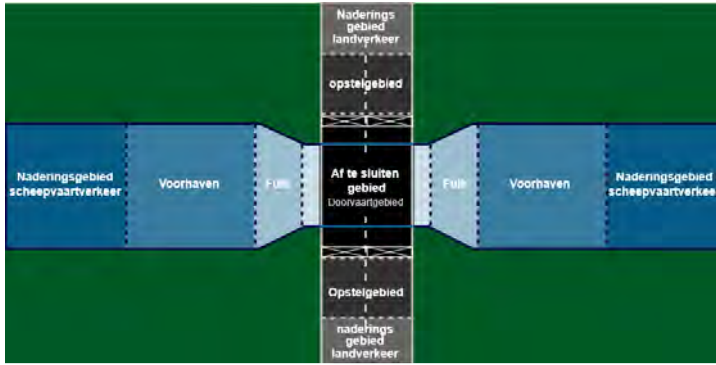
Volgens Johnson en Proctor (2009, p. 280) wordt *situational awareness* gedefinieerd als: 'being aware of and understanding both the current situation and the way in which it is evolving, such that appropriate decisions can be made or actions taken'. *Situational awareness* is belangrijk bij het voorkomen van fouten. Uit een analyse van *near misses* in de luchtvaart blijkt bijvoorbeeld dat bij de helft van deze incidenten een verlies van *situational awareness* een rol speelde (Pew, 1995). *Situational awareness* is dus essentieel om de huidige situatie correct waar te nemen, te begrijpen en de juiste acties (veilig) uit te voeren. Logischerwijs is voor het veilig bedienen van bruggen een goede *situational awareness* nodig.



Afbeelding 1. Simulatie (fictieve weergave) van het huidige standaard cameraplan.

Doordat brugbedieners op afstand bedienen, moeten zij *situational awareness* verkrijgen middels camerabeelden. Het is dan ook belangrijk om het verkrijgen van *situational awareness* te faciliteren. Dit kan op verschillende manieren. Provincie Zuid-Holland wil dit faciliteren door de bediening van bruggen en de informatiepresentatie te standaardiseren. Hiervoor heeft de Provincie een standaard cameraplan ontwikkeld, dat iedere brug op min of meer dezelfde manier in beeld brengt met de camerabeelden (afbeelding 1). Het is belangrijk dat dit cameraplan consistent wordt toegepast. Daarbij is het de vraag: wat is een goed cameraplan?

Dossier: Geen brug te ver voor human factors



Afbeelding 2. Overzicht en definitie van zichtgebieden.

Brugbediening standaardiseren

Het standaard bedienproces bestaat bij Provincie Zuid-Holland uit zeven stappen, te weten: (1) Kies vaarrichting, (2) Vrijmaken brugdek (activeren landverkeerseinen), (3) Slagbomen neer (aanrijbomen snelverkeer, afrijbomen snelverkeer en slagbomen langzaamverkeer), (4) Brug open, (5) Vrijmaken doorvaartopening, (6) Brug sluiten, (7) Vrijgeven. Elke brug is onder te verdelen in verschillende zichtgebieden zoals schematisch weergegeven in afbeelding 2.

In een klankbordgroep van dertien bedienaars is bepaald welke zichtgebieden per bedienstap moeten worden geschouwd (schouwen is het vooraf controleren of een te starten activiteit veilig kan verlopen) of gemonitord (tijdens uitvoering controleren). Hieruit zijn de zichteisen ontstaan, die voor alle bruggen gelijk zijn. Voorbeelden van zichteisen zijn: voordat de slagbomen sluiten, moeten de kruisvlakken geschouwd worden; tijdens het opgaan van het brugdek moet het brugdek worden gemonitord. Bedienaars dienen tijdens brugopeningen de verplichte zichtgebieden te schouwen/monitoren. Het is van belang dat een cameraplan de zichtgebieden op een goede manier in beeld brengt. Er zijn verschillende manieren om dit te doen. De vraag is echter bij welk cameraplan de zichtgebieden het best worden waargenomen.

Een goed moment om dit te onderzoeken was toen de camera's van Provincie Zuid-Holland vervangen moesten worden. Dit was dan ook aanleiding om het cameraplan onder de loep te nemen.

In eerste instantie zijn hiervoor alternatieve cameraplannen ontworpen door vhp human performance. Vervolgens zijn de alternatieven voorgelegd aan een klankbordgroep (bestaande uit bedienaars en de systeemarchitect centrale objectbediening). Uit de alternatieven heeft de klankbordgroep er twee geselecteerd.

Doel en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek was om te bepalen met welk van de drie cameraplannen (het reguliere en de



Afbeelding 3. Foto van onderzoeksofset met v.l.n.r. het huidige cameraplan, alternatief 1 (dubbel v) en alternatief 2 (kruis).

twee alternatieve cameraplannen) bedienaars het veiligst het bedienproces kunnen doorlopen. Om dit te bepalen zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Met welk cameraplan worden de *zichtgebieden* het best geschouwd?
2. Met welke cameraplan worden *weg- en vaarweggebruikers* het best waargenomen?
3. Welk cameraplan vinden de bedienaars het prettigst om mee te bedienen?

Methode

Onderzoeksopzet

Dit onderzoek besloeg een gerandomiseerd, *within-subject*-onderzoek met als doel te achterhalen welk cameraplan het beste scoort op de eerder geformuleerde onderzoeksvragen. Om dit te onderzoeken is er gebruik gemaakt van een objectief meetinstrument (*eye-tracking*-bril) en een subjectieve maat (vragenlijst). De participanten moesten een prototypisch provinciaal object bedienen, te weten de Broekveldbrug over de Oude Rijn te Bodergraven.

Om de drie cameraplannen te testen waren drie standaardwerkplekken ingericht, waarbij elke plek gelinkt was aan een van de drie cameraplannen. Het huidige cameraplan en Alternatief 1 werden weergegeven op een standaard 19 inch-monitor. Voor Alternatief 2 (Kruis) werd gebruik gemaakt van een 32 inch 4k-monitor.

Voor het bestaande standaard cameraplan zijn de bestaande camera's gebruikt. Om de twee alternatieve cameraplannen te realiseren werden tijdelijke cameramasten geplaatst. De kwaliteit van de tijdelijke camera's was hoger dan die van de bestaande. De kwaliteit was digitaal bijgeschaafd zodat dit overeenkwam met de bestaande camera's.

Bij elke cameraplan moesten de participanten twee openingen verrichten (in totaal zes per bedienaar). Van de brugopening zijn er twee variaties: (1) een normale (happy) opening en (2) een scenario-opening. At random werd bepaald welke van de twee variaties als eerste gepresenteerd werd. Voor de uitvoering van de

scenario's waren studenten en schippers ingehuurd. Deze personen voerden de verschillende handelingen, zoals omschreven in de scenario's, uit.

Voor de scenario-opening werd, at random, een van de volgende drie scenario's uitgevoerd:

1. Scenario A: Wanneer de landverkeersseinen zijn ingeschakeld, gaat er een fietser op het witte kruisvlak staan waar de afsluitbomen tijdens het sluiten terecht komen en tegelijkertijd loopt er een voetganger naar de brugkelder, die zich binnen de afsluitbomen bevindt in het gevaarlijke gebied.
2. Scenario B: Tijdens het dalen van de afsluitbomen staat er een voetganger stil op een bordes in het afgesloten gebied. Tegelijkertijd passeert een scooter de gesloten aanrijdbomen via de andere weghelft.
3. Scenario C: Tijdens de doorvaart van een schip valt er een object overboord in het bruggat. Terwijl het schip stilligt in het bruggat wordt er gelijktijdig een marifoonoproep gedaan door een ander vaartuig om de actuele onderdoorvaarthoogte op te vragen.

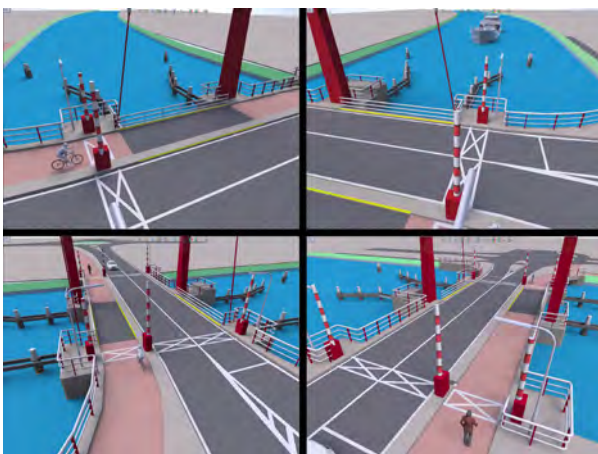
De scenario's werden in daglicht uitgevoerd, onder vergelijkbare weersomstandigheden.

Proefpersonen

Aan dit onderzoek namen 27 brugbedienaars (waarvan 23 man) deel. De gemiddelde leeftijd van de participanten was 51 jaar (SD = 8) en gemiddeld hadden zij 14 jaar ervaring met brugbediening. De participanten werkten voor verschillende organisaties: Provincie Zuid-Holland (11), TempoTeam (7), Waternet (6) en Zaanstad (3). Geen van de brugbedienaars had ervaring met de geselecteerde brug. Geen van de participanten droeg tijdens werk of in het dagelijks leven een bril.

Procedure

Voorafgaand aan de meetdagen hebben de deelnemers een voorbereidende e-mail ontvangen met informatie



Afbeelding 4. Simulatie van Alternatief 1 (Dubbel V).

(locatie, tijd, doel) over het onderzoek. Bij aanvang van de meting hebben zij elk een persoonlijke uitleg over het te bedienen object en de omgeving gekregen, waarbij de onderzoeker hen het te bedienen object en omgeving met behulp van Google Street View heeft laten zien. Tijdens de instructie zijn kritische en bijzondere elementen benoemd.

Na de instructies mocht de bedienaar de eye-tracking-bril opdoen waarna deze gekalibreerd werd met behulp van de bijgeleverde software. Hierna gingen de bedienaars aan de slag met de bedieningen.

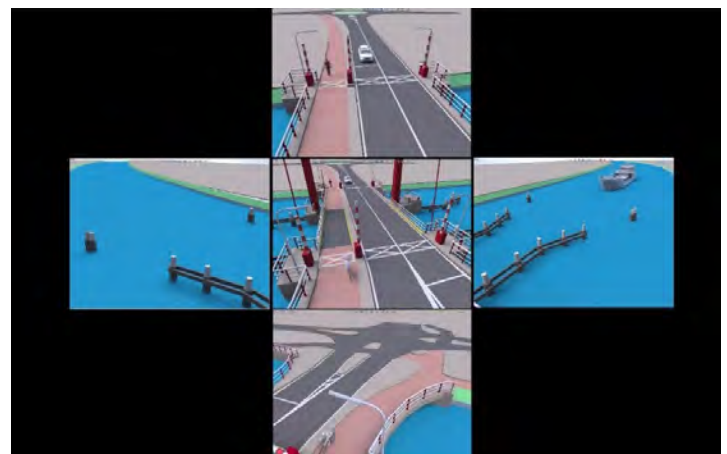
Na het testen van elk cameraplan werd de proefpersonen gevraagd het cameraplan te beoordelen middels de vragenlijst. Tot slot werd hen gevraagd een rapportcijfer van 1 tot 10 toe te kennen aan het cameraplan. Na het testen van alle drie de cameraplannen werd hen gevraagd naar welk cameraplan hun voorkeur uitging.

Taken, maten en materialen

Alternatieve cameraplannen

Alternatief 1: Cameraplan 'Dubbel V' maakt gebruik van hetzelfde aantal camerabeelden en een vergelijkbare formatie op vier beeldschermen als het huidige cameraplan. Voor het in beeld brengen van de vaarweg (bovenste beelden) respectievelijk het landverkeer (onderste beelden) worden (globaal) twee verschillende cameraposities gebruikt. Hierdoor bewegen zowel het land- als het scheepvaarverkeer zich (in een V-vorm) min of meer in een logische flow door het scherm.

Alternatief 2: Cameraplan 'Kruis' gebruikt voor elk beeld min of meer dezelfde camerapositie waardoor de getoonde beelden meer overeenkomen met het gezichtspunt van lokale bediening. Dit betekent dat het wegverkeer verticaal, en het scheepvaartverkeer horizontaal door het beeld beweegt. Dit cameraplan maakt gebruik van vijf camerabeelden waarbij het middelste beeld zowel het wegverkeer als de doorvaart centraal in beeld brengt (afbeelding 7).



Afbeelding 5. Simulatie van Alternatief 2 (Kruis).

Dossier: Geen brug te ver voor human factors

Eye-tracker

Er is gebruik gemaakt van de eye-tracker (Tobii Pro Glasses 2). Om de beelden te analyseren is gebruik gemaakt van Tobii Pro Lab software. In de software is een screenshot ingeladen van de cameraplannen. Op de screenshots werden Areas of Interest (boxen) aangebracht. De boxen corresponderen met de zichtgebieden. Vervolgens werden er events gedefinieerd in de software. De events corresponderen met de handelingen die de bedieners moeten uitvoeren. Op basis van de events werden Time of Interest (TOI's) gedefinieerd. De TOI's zijn gebaseerd op de stappen uit het bedienproces.

Met behulp van Tobii Pro Glasses Controller werden de beelden van de eye-tracker opgenomen. Tijdens het opnemen bracht de proefleider 'Live Events' aan in de opnamen. De Live Events markeerden een time-stamp waarop een bepaald Event werd uitgevoerd. Tijdens de analyse werden de Live Events omgezet in Events.

Om te meten met welk cameraplan de brugbedieners het beste de zichtgebiedenschouwen (onderzoeksvraag 1) zijn drie afhankelijke variabelen gemeten: (1) percentage waargenomen vereiste zichtgebieden, (2) grondigheid waarmee de vereiste zichtgebieden geschouwd zijn (ofwel: percentage waargenomen boxen van de vereiste gebieden), (3) efficiëntie

waarmee de brugbedieners schouwen (ofwel: percentage niet vereiste waargenomen gebieden).

De eye-tracker werd ook gebruikt om te achterhalen met welk cameraplan weg- en vaarweggebruikers het best zijn waargenomen (onderzoeksvraag 2, opmerken van gebeurtenissen tijdens de scenario-openingen).


























Voor elk van bovengenoemde variabelen gold een grenswaarde van minimaal 50 ms voor een fixatie met de eye-tracker als 'waargenomen'. Dus als de pupillen minimaal 50 ms op een (deel van een) zichtgebied of weggebruiker fixeerden, gold dit als 'waargenomen'.

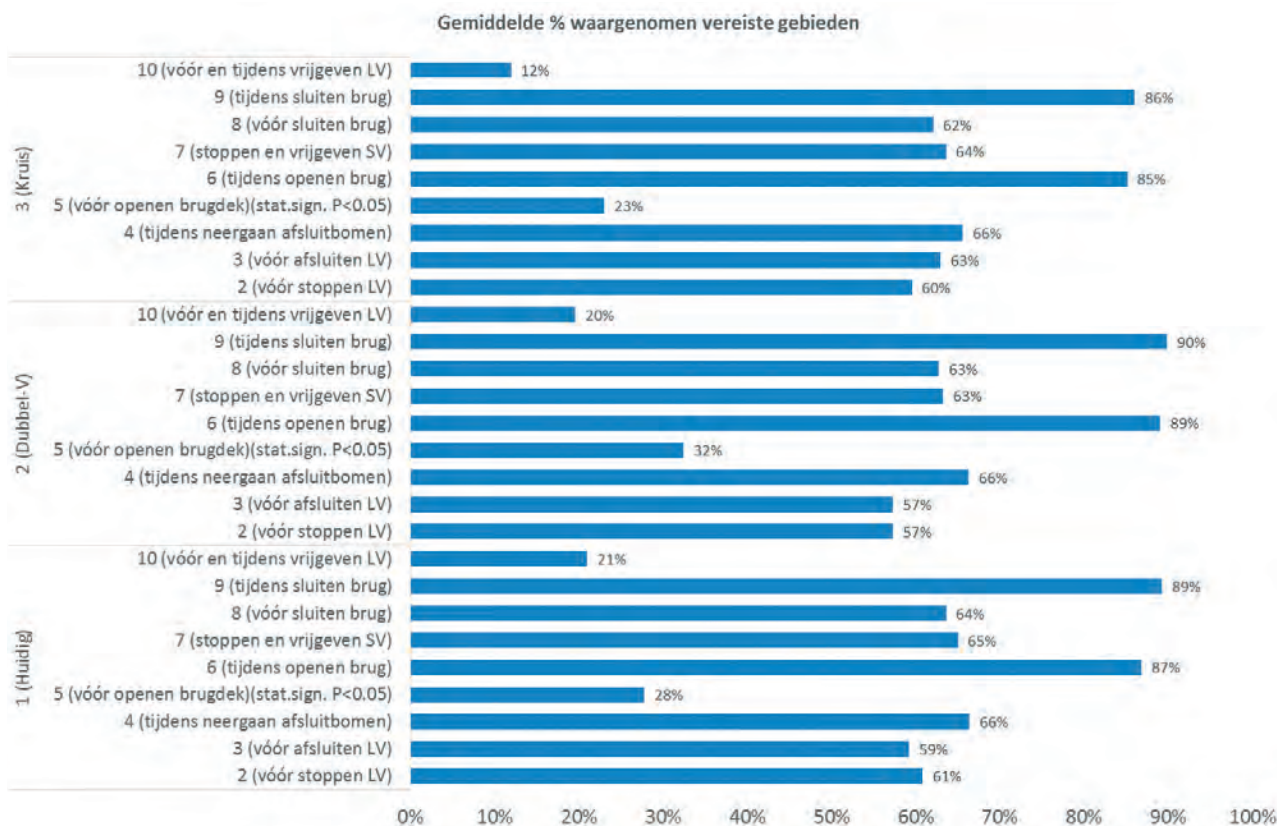
Subjectieve ervaring

Om te achterhalen welk cameraplan de bedieners het prettigst vonden (onderzoeksvraag 3), is een subjectieve vragenlijst opgesteld (tabel 1). Met behulp hiervan werd het subjectieve oordeel van de proefpersonen voor elk cameraplan (na twee brugopeningen) bepaald. Met een vijfpunts-Likertschaal (1 = zeer tevreden, 5 = zeer ontevreden) beoordeelden de proefpersonen de cameraplannen op de volgende aspecten: hoeveelheid informatie, detailniveau, beeld situatie, logica indeling en beeldkwaliteit.

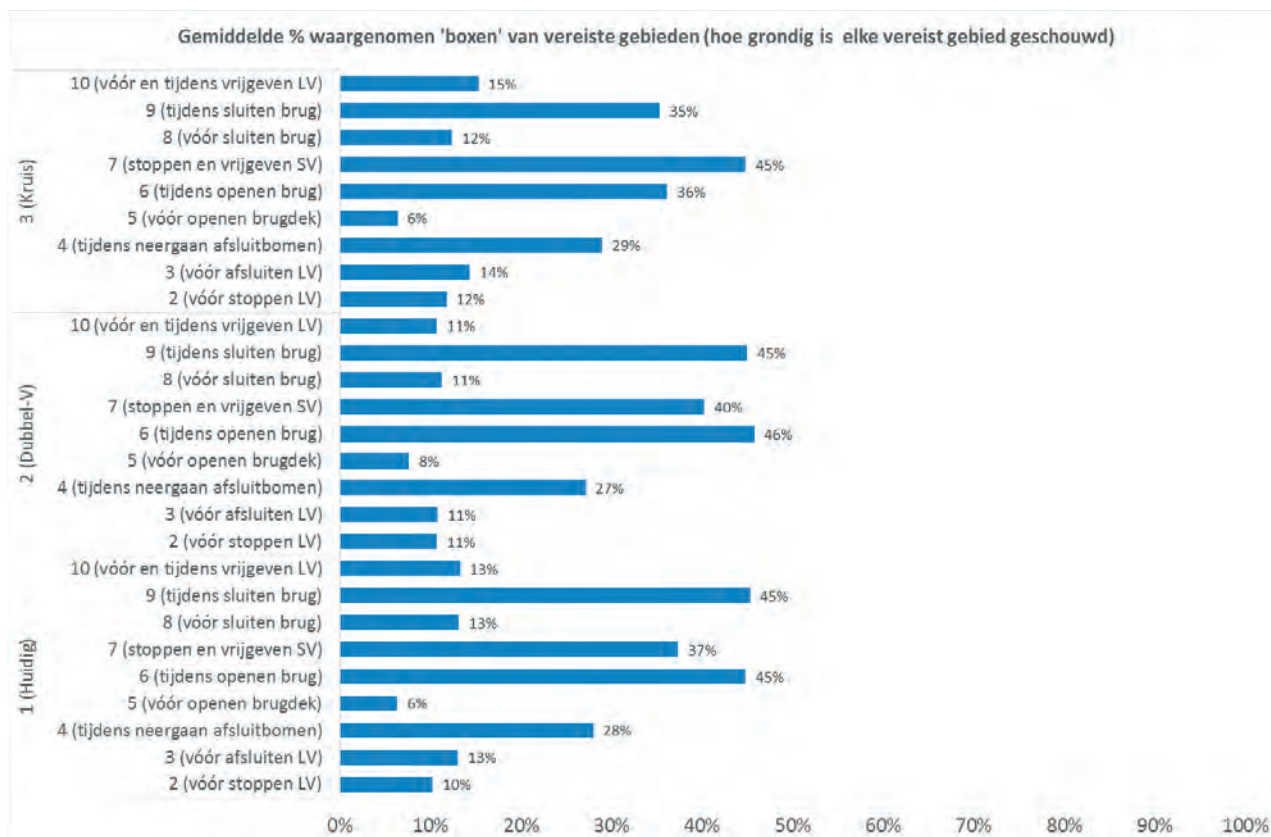
Tot slot werd hen gevraagd een rapportcijfer voor elk cameraplan te geven.

Tabel 1. Subjectieve vragenlijst

Ik had voldoende informatie op de camerabeelden om veilig en vlot te kunnen bedienen									
 Zeer ontevreden	 Ontevreden	 Neutraal	 Tevreden	 Zeer tevreden					
Ik kon belangrijke details waarnemen op de camerabeelden									
 Zeer ontevreden	 Ontevreden	 Neutraal	 Tevreden	 Zeer tevreden					
Deze camerabeelden geven mij een goed beeld van de situatie op en rondom de brug									
 Zeer ontevreden	 Ontevreden	 Neutraal	 Tevreden	 Zeer tevreden					
Ik vind de indeling van de camerabeelden op het scherm logisch									
 Zeer ontevreden	 Ontevreden	 Neutraal	 Tevreden	 Zeer tevreden					
Ik vind de beeldkwaliteit (resolutie en contrast) goed									
 Zeer ontevreden	 Ontevreden	 Neutraal	 Tevreden	 Zeer tevreden					
Mijn totale rapportcijfer voor de manier waarop de camerabeelden aan mij worden gepresenteerd (cameraopstelling, camera-indeling en beeldkwaliteit) is									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



Afbeelding 6. Gemiddeld percentage waargenomen vereiste gebieden per cameraplan.



Afbeelding 7. Gemiddeld percentage waargenomen 'boxen' van de vereiste zichtgebieden per cameraplan.

Dossier: Geen brug te ver voor human factors

Nadat zij alle drie de cameraplannen hebben getest werd hen gevraagd een uiteindelijke voorkeur uit te spreken voor een van de drie cameraplannen.

Statistische analyse

Zowel de objectieve eye-trackingdata als de subjectieve vragen zijn statistisch getoetst met behulp van statistieksoftware MiniTab. De data waren non-parametrisch verdeeld. De data zijn om die reden getoetst met de non-parametrische 'Kruskal-Wallis'-toets. Er is een p-waarde gehanteerd van <0.05.

Resultaten

1. Met welk cameraplan worden de zichtgebieden het best geschouwd?

- **Vereiste zichtgebieden.** Uit de analyse blijkt dat er per bedienaar geen significante verschillen zijn tussen de cameraplannen voor wat betreft de waarnemingspercentages per bedienstap, met uitzondering van stap 5 'voor openen brugdek' (afbeelding 6). Wel blijkt uit de resultaten dat het waarnemingspercentage van de vereiste gebieden voor alle cameraplannen laag is.

[Grondigheid. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de cameraplannen voor wat betreft de grondigheid waarmee de vereiste zichtgebieden zijn geschouwd. Wederom valt hierbij op dat de absolute percentages aan de lage kant zijn. Uit deze resultaten blijkt dat de grondigheid waarmee de bedienaars de zichtgebieden schouwen niet beïnvloed wordt door het cameraplan.

- **Efficiëntie.** Er bleek een significant verschil te zijn tussen cameraplan 3 (Kruis) en het cameraplan 2 (Dubbel-V) voor wat betreft het percentage niet vereiste waargenomen gebieden. Tussen de andere cameraplannen was geen significant verschil. Dit resultaat laat zien dat het gekozen cameraplan effect heeft op de efficiëntie waarmee brugbedienaars schouwen.

Tabel 2. Efficiëntie: Gemiddelde percentage niet vereiste waargenomen gebieden

	Huidig (1)	Dubbel-V (2)	Kruis (3)
Percentage	16,4%	12,9%	18,8%

2. Met welke cameraplan worden weg- en vaarweggebruikers het best waargenomen?

- **Scenario's.** Uit de analyse blijkt dat er een significant verschil is tussen de cameraplannen.

Hierbij blijkt dat bij het huidige cameraplan de bedienaars het hoogste percentage waarnemingen had (89,5%) maar ook het hoogste percentage van juiste handeling had (81,4%). Uit deze resultaten blijkt dat het cameraplan effect heeft op het waarnemen van weg- en vaarweggebruikers en het adequaat handelen na het waarnemen van een weg-/ vaarweggebruiker.

Tabel 3. Scenario's: Gemiddelde percentage van personen en juiste bediening

	Huidig (1)	Dubbel-V (2)	Kruis (3)
Gem. van waarneming	89,5%	76,1%	65,9%
Gem. van handeling	81,4%	69,6%	63,6%

3. Welk cameraplan vinden de bedienaars het prettigst om mee te bedienen?

- **Likertschaal.** Uit de analyse blijkt dat er alleen een significant verschil blijkt te zijn voor het aspect beeldkwaliteit in het voordeel van cameraplan 3 (Kruis).

Tabel 4. Likertschaal: Gemiddelde subjectieve variabelen

Groep	Huidig (1)	Dubbel-V (2)	Kruis (3)
Voldoende info	0,8	0,7	0,5
Details	0,7	0,7	0,9
Beeld situatie	0,5	0,5	0,6
Logica indeling	0,7	0,6	0,5
Beeld-kwaliteit*	0,6	0,8	1,1

- **Rapportcijfer.** Het gemiddelde rapportcijfer van de drie cameraplannen bleek niet significant te verschillen.

Tabel 5. Rapportcijfer: Gemiddelde cijfer per cameraplan per groep

Groep	Huidig (1)	Dubbel-V (2)	Kruis (3)
Niet PZH	6,8	6,3	7,1
PZH	6,7	7,1	6,9

- Voorkeur. Er bleek geen significante voorkeur te zijn voor een van de cameraplannen; huidig cameraplan: 9, Dubbel V: 9, Kruis: 9.

Discussie en conclusie

Samenvattend bleek uit de resultaten dat de proefpersonen met het huidige cameraplan beter in staat zijn de targets waar te nemen en hier beter op te handelen. De koers van het huidige cameraplan blijkt dus de juiste te zijn. Met behulp van de resultaten kunnen we ook ingaan op de eerder geformuleerde onderzoeksvragen.

1. Met welk cameraplan worden de zichtgebieden het best geschouwd?

Uit de analyse van de eye-trackingdata komen geen significante verschillen naar voren. De cameraplannen scoorden gelijkwaardig op het doelgericht waarnemen van de zichtgebieden maar ook de grondigheid waarmee zij dat deden.

2. Met welke cameraplan worden weg- en vaarweggebruikers het best waargenomen?

Voor dit onderdeel bleek er een significant verschil te zijn tussen de drie cameraplannen. Het bleek dat het huidige cameraplan het best scoorde op dit onderdeel. Het maakte hierbij niet uit of de bedienaar al gewend was aan het cameraplan of niet.

3. Welk cameraplan vinden de bedienaars het prettigst om mee te bedienen?

De voorkeuren voor de proefpersonen bleken gelijk verdeeld te zijn over de drie cameraplannen. Gedurende het onderzoek is een aantal andere verbeterpunten naar voren gekomen. Uit de eye-trackingdata blijkt dat aan de plaatsing van de camera's nog wel het een en ander verbeterd kan worden. Het bleek bijvoorbeeld dat kritieke gebieden niet goed naar voren kwamen op de beelden. Ook bleek dat de bedienaars hinder ondervinden van zonlicht. Op basis van deze punten heeft Provincie Zuid-Holland de posities van camera's geoptimaliseerd.

Daarnaast bleek ook dat de absolute percentages voor het waarnemen van de vereiste zichtgebieden aan de lage kant waren. Dit betekent dat de bedienaars niet naar de juiste zichtgebieden in de bedienstappen

keken. Wanneer de bedienaars niet goed kijken, kunnen er gevaarlijke situaties ontstaan.

Praktische implicaties

Op basis van dit onderzoek heeft Provincie Zuid-Holland besloten verder te gaan met het huidige (bestaande) cameraplan. Hoewel dit plan als beste uit het onderzoek naar voren kwam, zijn de percentages voor waargenomen zichtgebieden en grondigheid van de zichteisen van dit plan ook nog aan de lage kant. Daarom is er een nieuw trainingstraject gestart voor alle brugbedienaars van Provincie Zuid-Holland. Het doel van deze training is om de waarnemingsprestaties van de brugbedienaars verder te verbeteren. Tijdens deze training, bestaande uit een theorie- en een praktijkdag, krijgen de bedienaars een standaard kijkmethodiek aangeleerd, waarmee de scores op de vereiste zichtgebieden verder worden verhoogd.

Referenties

- Johnson, A., & Proctor, R.W. (2009). *Attention: theory and practice*. Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Pew, R. (1995). The state of situational awareness: Circa 1995. In D.J. Garland & M.R. Endsley (eds.), *Proceedings of an international conference on experimental analysis and measurement of situation awareness* (pp. 7-15). Daytona Beach, FL: Embry-Riddle Aeronautical University Press.
- Wickens, C.D., & Hollands, J.G. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3rd ed.) Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Over de auteurs



Drs. J.P. Jansen Eur.Erg.
vhp Human performance
jorritjansen@vhp.nl



Ir. M. Kühne
vhp Human performance



Drs. M. van der Wurff
vhp Human performance