

Rijsimulator is een goed alternatief voor de lesauto.

Door: ir. Jorrit Kuipers, prof. Peter Wieringa, ir. Joost de Winter, ir. Harm Boschloo (Technische Universiteit Delft, faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaalwetenschappen)

In 2003 deed de rijnsimulator haar intrede in de rijopleiding, als eerste bij de ANWB en later ook bij BOVAG VAN en FAM rijnscholen. Gelijktijdig kwam ook het commentaar los; een rijnsimulator is een leuk speeltje, maar het echte werk gebeurt op de weg. Inmiddels neemt Nederland internationaal een koppositie in als het gaat om de integratie van de rijnsimulator in de rijopleiding. Het werd dan ook tijd voor een onafhankelijk onderzoek naar de effectiviteit van de rijnsimulator in de rijopleiding B.

Samenvatting

Rijles in een rijnsimulator is een geschikt alternatief voor de rijles in een lesauto, zo blijkt uit wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd door Technische Universiteit Delft. TU Delft heeft in samenwerking met rijnschoolhouders en rijnsimulatorproducent Green Dino Virtual Realities uitvoerig onderzoek verricht naar de rijprestaties van rijnsimulatorleerlingen. In dit onderzoeksrapport formuleert TU Delft duidelijk antwoord op de vraag of de huidige rijnsimulators geschikt zijn voor het volgen van rijles. Er is niet alleen gekeken naar de prestaties van de rijnsimulatorleerlingen, maar ook naar de ervaringen van rij-instructeurs en hun leerlingen. Daarnaast wordt ook het maatschappelijk belang toegelicht.

De kosten voor de rijopleiding zijn in een periode van 10 jaar bijna verdubbeld. Betaalde een leerling in 1996 nog ongeveer 40 gulden voor een uur rijles, inmiddels is dat vaak meer dan 40 euro. De totale rijopleiding kost een leerling al snel 2.000 euro. Trekken we deze prijsstijging door dan betalen leerlingen over 10 jaar 4.000 euro. Door het gebruik van rijnsimulators lijkt daar nu verandering in te komen. De eerste 8 uur rijopleiding kan plaatsvinden op een rijnsimulator met virtuele instructeur. De kosten liggen aanzienlijk lager dan die van de lesauto. Voor een uur simulatortraining betaalt de leerling gemiddeld 25 euro. Omdat het brandstofverbruik van de rijnsimulators slechts 120 euro per jaar bedraagt en de begeleiding met 80% afneemt is een rijnsimulatorles veel goedkoper voor zowel de rijnschoolhouder als de leerling.

De conclusies uit dit onderzoeksrapport nemen de vooroordelen weg. Het gedrag van leerlingen in de rijnsimulator en op de weg is vergelijkbaar. Leerlingen leren de basis rijprocedures in de rijnsimulator goed aan. Daarnaast levert de rijnsimulator een positieve bijdrage aan het milieu door een reductie van de CO₂ uitstoot. De belangrijkste conclusie is misschien wel dat de rijnsimulator een economisch voordeel biedt voor zowel de rijnschoolhouder als de leerling.

TU Delft

In november 2004 zijn ir. de Winter, ir. Boschloo en ir. Kuipers aan de TU Delft gestart met het project Virtual Assistant. Dit onderzoek, onder leiding van prof. Wieringa en prof. Mulder, is gericht op het vergroten van de intelligentie van geautomatiseerde instructiesystemen en richt zich in eerste instantie op rijssimulators. De onderzoekers werken samen met rijssimulatorproducent Green Dino Virtual Realities BV. Green Dino stelt ten behoeve van het onderzoek een rijssimulator beschikbaar en levert alle leerlinggegevens aan die zij verzamelt bij haar klanten. Virtual Assistant wordt gefinancierd met subsidie uit het Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma (IOP's). IOP is een subsidieregeling van het Ministerie van Economische Zaken, SenterNovem voert deze uit.

Na een uitvoerige literatuurstudie en marktinventarisatie stelden de onderzoekers vast dat de geautomatiseerde virtuele instructeur, zoals deze wordt toegepast door Green Dino, wereldwijd uniek is. Nergens anders troffen de onderzoekers zoveel gegevens over rijprestaties van verkeersdeelnemers aan. Juist deze gegevens bleken van enorme waarde voor de start van het onderzoek. Begin 2005 is Joost de Winter begonnen met de analyse van de leerlinggegevens die verzameld waren tussen september 2003 en december 2004. Deze zogenaamde 0-meting wordt gebruikt om het huidige leergedrag van leerlingen op de rijssimulator te bepalen, zodat later vastgesteld kan worden in hoeverre de onderzoekers er in geslaagd zijn de intelligentie van de rijssimulator te vergroten.

De analyse is gedaan met de gegevens van de rijprestaties van 5.965 studenten uit een totale groep van 9.238 leerlingen. Dit is een dermate grote groep dat aangenomen kan worden dat de uitkomsten betrouwbaar zijn. De simulators staan verspreid over heel Nederland, regionale verschillen zijn niet gevonden.

Beeldscherpte

Een van de kritiekpunten op de rijssimulator is de resolutie van het beeldscherm. Het geprojecteerde beeld is van veel lagere kwaliteit dan het beeld vanuit de auto. Uit een literatuurstudie verricht door onderzoeker De Winter is gebleken dat voor waarneming bij autorijden de scherpte van het beeld van ondergeschikt belang is aan de beeldhoek. De conclusie is dat een grote beeldhoek (het liefst meer dan 180 graden) veel belangrijker is dan de beeldscherpte. Zowel de ANWB-rijssimulator als de rijssimulator van Green Dino beschikken over een beeldhoek van 180 graden of meer. Ook is aangetoond dat stereobeelden nauwelijks een positieve bijdrage leveren aan het waarnemen van objecten buiten de auto. Met andere woorden, stereobeeld is niet relevant voor de rijtraining.

Wel is het belangrijk dat een object zichtbaar is op een realistische afstand. Dit betekent dat er een beeldcorrectie moet plaatsvinden. Green Dino doet dit door objecten, zoals verkeerstekens, op afstand te vergroten; anders is het niet mogelijk om verkeersinformatie op 200 meter afstand waar te nemen.

Beweging

Een kenmerk van low-cost rijssimulators is het ontbreken van een bewegingssysteem. Dit komt door de relatief hoge kosten van bewegingsystemen. Als alternatief voor beweging kan gebruik gemaakt worden van trilling. Green Dino gebruikt een trilmembraam in de rugleuning en op het stuur om optrekken en remmen te

simuleren. Onderzoeker Boschloo heeft een experiment uitgevoerd met trilelementen in de zitting voor het simuleren van krachten in bochten. Tevens is in een experiment onderzocht of het aan- of uitschakelen van de bestaande trilmembranen van invloed is op het uitvoeren van de rijtaak remmen. De resultaten van beide experimenten waren opzienbarend. Zowel de trilelementen in de zitting als de trilmembranen in de rugleuningen en stuur zorgen niet voor een afname van het aantal gemaakte fouten: leerlingen die zonder trillingselementen reden presteerden net zo goed als leerlingen die met trilling reden. Wel bleek dat het rijgedrag van de bestuurder beïnvloed wordt door de trillingen, ze rijden voorzichtiger. Het wordt verder onderzocht hoe trillingen gebruikt kunnen worden in de rijopleiding op de simulator.

Een onderzoek in Amerika naar training van piloten in een vliegsimulator met een bewegingsplatform (Bürki-Cohen, e.a. 2000) heeft een vergelijkbaar resultaat opgeleverd. De Amerikaanse onderzoekers vonden geen verschil in prestatie in een motion simulator tussen piloten die getraind hadden met en zonder motion. Het ging daarbij voornamelijk om het trainen van procedurele taken, vergelijkbaar aan de rijnsimulator. Een bewegingssimulatie geeft weliswaar de sensatie van beweging, maar draagt niet per definitie bij aan het aanleren van vaardigheden. Uit experimenten die onderzoeker Boschloo uitvoerde, bleek dat de bewegingsensatie ook met trilelementen kan worden opgeroepen. Trilling kan dus een geschikt alternatief zijn voor dure bewegingssystemen, maar is niet noodzakelijk voor de opleiding van B-kandidaten.

Simulatorziekte

Een veel gehoorde opmerking is dat simulatorziekte, motion sickness, wordt veroorzaakt door het ontbreken van beweging. In de praktijk blijkt echter dat leerlingen zonder rijervaring nagenoeg geen last hebben van simulatorziekte en ervaren rijders wel. Dit fenomeen is zowel bij de ANWB-simulator als bij de simulator van Green Dino geconstateerd. Sharkey en McCauley (1992) hebben onderzoek gedaan naar motion sickness in rijnsimulators en zij hebben gevonden dat motion toevoegen aan een simulator geen waarneembare verandering in motion sickness teweegbrengt. Mogelijke verklaring hiervoor was dat geen motion geen goede maar ook geen verkeerde cues geeft en dat met motion er meer goede maar ook meer verkeerde cues zijn. Onderzoeker Kuipers verwacht dat motion sickness veroorzaakt wordt door een verstoord verwachtingspatroon. De omgevingsinformatie uit de rijnsimulator matcht niet met het verwachtingspatroon van de bestuurder. Naarmate de omgevingsinformatie realistischer wordt, neemt het effect van de mismatch eerder toe in plaats van af. Uit ander onderzoek (Flaming Seay, e.a. 2002) bleek dat de beeldhoek (field of view) en de mate van onderdompeling (immersiveness) van grote invloed is op het gevoel van misselijkheid. Kuipers constateerde ook dat het gevoel van misselijkheid kleiner wordt naarmate het beeld dichterbij komt. Hij vermoedt dat dit te maken heeft met de focusafstand. Als de focusafstand afwijkt van het verwachtingspatroon van de bestuurder, zal dit een positieve invloed hebben op het voorkomen van simulatorziekte. Uit nieuwe experimenten moet blijken of deze hypothesen kloppen. In ieder geval kan geconcludeerd worden dat beweging niet zal bijdragen aan het afnemen van simulatorziekte.

Gedrag

Een belangrijke vraag die de onderzoekers zich stelden was of het gedrag van rijnsimulatorleerlingen vergelijkbaar is met leerlingen die rijden in een lesauto. Deze

vraag komt ook voortdurend naar voren in discussies over de rijnsimulator. Zijn rijnsimulatorlessen even effectief als lessen in een lesauto? Onderzoeker De Winter richtte zich tijdens de analyse van leerlinggegevens op de verschillen tussen het gedrag van mannen en vrouwen. Deze insteek is genomen om te beoordelen of vrouwen werkelijk een stuk slechter rijden dan mannen, hetgeen volgens velen een geaccepteerd fenomeen is. Tijdens de analyse bleek dat er duidelijke verschillen waren. Uit de gegevens bleek dat mannen gemiddeld veel vaker betrokken zijn bij virtuele overtredingen, zoals te hard rijden en te kort op de voorligger rijden. Vrouwen maakten meer fouten op het gebied van voertuigbeheersing, zoals sturen in bochten, schakelen en de waarneming van objecten. Vervolgens is gekeken of deze verschillen ook voorkomen bij ervaren bestuurders. Hiervoor zijn gegevens gebruikt die zijn verzameld bij onderzoeken naar rijgedrag bij ongelukken. De vergelijking van de verschillen in gedrag tussen mannen en vrouwen toonde aan dat het gedrag van verkeersdeelnemers naadloos overeenkomt met het gedrag van simulatorleerlingen. Deze interessante resultaten deed de onderzoekers overtuigen dat het rijgedrag in de simulator en de lesauto grote overeenkomsten vertoont. Een bijkomend voordeel is dat het stap-voor-stap aanleren van rijtaken zonder hinder van niet-relevante zaken in de praktijk niet mogelijk is en op de rijnsimulator wel. Verder onderzoek moet inzicht geven in de door ons waargenomen overeenkomst tussen het gedrag in de rijnsimulator en het gedrag op de weg, de zogenaamde 'transfer of training'. Met andere woorden; voert de leerling de rijtaken die hij aangeleerd heeft op de simulator op de weg correct uit? Hiervoor wordt het onderzoek uitgebreid met de analyse van het rijgedrag van simulatorleerlingen op de weg.

Vooroordelen

Het onderzoek heeft inmiddels ook al een aantal vooroordelen uit de wereld geholpen. Zo is een algemene opvatting dat mannen beter autorijden dan vrouwen en dit ook sneller leren. Uit de analyse van leerlinggegevens is dit echter niet gebleken. Onderzoeker De Winter heeft onderzocht of er verschillen zijn in de leervaardigheid tussen mannen en vrouwen. De leervaardigheid blijkt exact gelijk te zijn, maar vrouwen beginnen gemiddeld op een lager niveau. Vrouwen hebben dus meer tijd nodig om het voertuig even goed onder controle te krijgen als mannen, maar ze leren in hetzelfde tempo. Overigens moet de kanttekening geplaatst worden dat de verschillen tussen mannen en vrouwen weliswaar significant, maar relatief klein zijn. De verschillen tussen de geslachten zijn beperkt wanneer je ze vergelijkt met de enorme spreiding tussen personen per geslacht. Ongeveer 40% van de vrouwen presteert beter dan de gemiddelde man. Aan de andere kant zijn er ook vrouwen die bijzonder veel snelheidsovertredingen begaan. We mogen dus niet generaliseren! De onderzoekers denken dat de problemen die vrouwen hebben met het vloeiend beheersen van het voertuig mogelijk verminderd kunnen worden door extra aandacht te besteden aan het automatiseren van vloeiende handelingen.

Een ander vooroordeel is dat allochtonen slechter rijden dan autochtonen. Door een selectie op achternamen te maken is een vergelijking gemaakt tussen rijprestaties. Hier was geen significant verschil te constateren, hetgeen ook te verwachten viel. Rijvaardigheid is geen cultureel bepaalde vaardigheid, regels en instructie overigens wel.

Praktijkervaring

De verwachting van de onderzoekers is dat de rijnsimulatoropleiding zelfs effectiever is dan die op de weg. Dit wordt onderbouwd door de ervaringen van klanten van

Green Dino die op verzoek van Green Dino cijfers aanleverden over de vervolgopleiding en slagingskans. Uit deze cijfers is op te maken dat de slagingskans van rijsimulatorleerlingen meer dan 10% hoger ligt dan leerlingen die alleen les krijgen op de weg. Tevens is door rijscholen gemeld dat de uren op de rijsimulator het aantal lesuren op de weg minimaal vervangt. Onderzoek is in voorbereiding om nauwkeurig analyse te doen van de vervolgopleiding op de weg in relatie tot de rijsimulatoropleiding.

Elske van der Snee (Haagsche Hogeschool), stagiaire bij de TU Delft, is bij 6 rijscholen langsgegaan voor een uitgebreide inventarisatie. Er is gekeken naar de integratie van de rijsimulator in de rijopleiding en is er gevraagd naar de waardering van de rijsimulator door rij-instructeurs en leerlingen. De uitkomsten zijn veelbelovend. Zowel rij-instructeurs als leerling zijn positief over de rijopleiding op de simulator. De waardering is dan ook ruim voldoende. 92% van de leerlingen vindt de simulator nuttig, slechts 3% vindt de simulator niet nuttig. Wel vindt men over het algemeen de virtuele instructeur houtherig en zijn de lessen nog niet optimaal. Sommige lessen zijn relatief moeilijk, terwijl andere lessen saai worden gevonden. De leerlingen geven de virtuele instructeur een 7,3 voor striktheid en een 6,5 voor (voldoende) feedback. 63% van de leerlingen vindt de opzet van de lessen goed.

Volgens de instructeurs leert de leerling door het inzetten van de rijsimulator de bediening goed en werkt de stapsgewijze opzet ook goed. Daarnaast zien zij als voordeel dat leerlingen minder bang zijn. De rij-instructeurs missen vooral de registratie van het kijkgedrag; met betrekking tot de verdere ontwikkeling van De Nederlandse Rijsimulator hebben zij onder meer de volgende wensen: het aansluiten op RIS en toevoeging van bijzondere verrichtingen.

De gemiddelde lesprijs van deze 6 rijscholen voor 30 minuten simulatorles bedraagt €14,70 inclusief BTW. Dit is iets hoger dan het landelijk gemiddelde.

Virtuele instructeur

Uit de analyse van leerlinggegevens en de ervaringen van rijscholen concluderen de onderzoekers dat de virtuele instructeur goed werkt. De geautomatiseerde instructie mag dan soms houtherig zijn en nog niet altijd robuust, maar de werking is goed. Dit blijkt ook uit de integratie in de rijschool. Bij 5 van de 6 bezochte rijscholen wordt de leerling in principe niet geassisteerd door een rij-instructeur. Alleen bij de rijtaken schakelen, sturen en kijken is soms assistentie nodig. In totaal assisteert een rij-instructeur niet meer dan 20% van de tijd de leerling. Uit de analyse van de leerlinggegevens bleek bovendien dat leerlingen die continu door de virtuele instructeur en een rij-instructeur begeleid zijn juist slechter presteerden dan de leerlingen die alleen door de virtuele instructeur begeleid zijn. De leerlingen raken waarschijnlijk in verwarring door de (tegenstrijdige) instructies van de virtuele en rij-instructeur.

Veiligheid en milieu

Het onderzoek richt zich niet alleen op didactische aspecten van de rijsimulator. Verhoging van de verkeersveiligheid en het terugdringen van milieuvervuiling zijn langere termijn doelen. Uit de analyse van de leerlinggegevens is naar voren gekomen dat mannen meer moeite hebben met het houden van de maximum snelheid en een veilige afstand tot de voorligger. De reden hiervan zoeken onderzoekers in de neiging van mannen om regels te overtreden, zodra ze het gevoel hebben de (virtuele) auto en het (virtuele) verkeer onder controle te hebben. Onderzocht wordt hoe dit gedrag kan worden beïnvloed. Vrouwen hebben

daarentegen meer moeite de (virtuele) auto onder controle te krijgen. De fluctuaties zijn groter, bijvoorbeeld bij het afstand houden en de positie op de rijbaan. De onderzoekers denken dat vrouwen hierdoor gehinderd worden en daarom minder aandacht kunnen besteden aan het waarnemen van overige verkeersinformatie. Door de fluctuaties in het bedienen te reduceren, hopen de onderzoekers de rijvaardigheid bij vrouwen te verbeteren.

Vanaf november 2004 is Het Nieuwe Rijden geïntegreerd in de rij simulatorleergang van Green Dino. Daarvoor schakelden de leerlingen over op basis van snelheid. De vermindering van het brandstofverbruik is aanzienlijk. Gemiddeld is er een besparing van 2,15 liter op 100 kilometer gerealiseerd. Dit is een aanzienlijk hogere besparing dan de 10% die door SenterNovem wordt gehanteerd. Enerzijds kan dit te maken hebben met de opzet van de rijlessen en de brandstofmeting, anderzijds is al door mevrouw M. van de Voort in haar promotie onderzoek naar de effectiviteit van de HNR-rijstijl gesuggereerd, dat de effecten het grootst zijn als de rijstijl direct wordt aangeleerd tijdens de rijopleiding. Nader onderzoek wordt verricht om te beoordelen of de HNR-rijstijl een positieve invloed heeft op de uitvoering van andere rijtaken.

Economisch & maatschappelijk belang

Een belangrijke doelstelling van het Virtual Assistant project is een bijdrage te leveren aan een verbetering van de economische structuur van Nederland in het algemeen en die van de rij schoolbranche in het bijzonder. Het onderzoek richt zich daarom op low-cost simulators met geautomatiseerde instructie. De kostprijs van een uur rijles op de rij simulator moet aantrekkelijk zijn voor zowel de rij schoolhouder als de leerling. De kostprijs wordt grotendeel bepaald door de factor arbeid. Automatisering door adaptieve instructie is dus belangrijk. Uit de marktstudie bleek de gemiddelde lesprijs voor leerlingen duidelijk lager te liggen dan de reguliere lespreisen. Bij de bezochte rij scholen is de gemiddelde lesprijs voor een uur rijles op de simulator net iets minder dan 30 euro, terwijl de gemiddelde lesprijs voor de lesauto boven de 40 euro per uur ligt. De prijsstijging in de branche bedraagt ongeveer 10% per jaar. De prijsstijging van de rij simulator zal minder zijn omdat enerzijds veel minder arbeidsuren nodig zijn en bovendien door de verbetering van de software de effectiviteit zal toenemen. Ondanks de lagere lesprijs is het rendement van de rij simulator voor de rij schoolhouder hoger. Door de besparing van meer dan 80% op de arbeidskosten neemt het rendement op de rijles behoorlijk toe. Dit kan oplopen tot meer dan 50% bij een voldoende aantal leerlingen.

Uit de toename van het aantal leerlingen kan worden opgemaakt dat de rij simulator succesvol wordt ingezet bij rij scholen. Het aantal leerlingen in de periode januari tot augustus 2005 is met 100% gestegen ten opzichte van dezelfde periode in 2004. De verwachting is dat in 2005 ongeveer 7.500 leerlingen hun eerste rijlessen op de simulator volgen. Dit is ongeveer 5% van het totaal aantal leerlingen die jaarlijks hun rijopleiding volgen. Deze cijfers maken duidelijk dat de rij simulator een vaste plaats in de rijopleiding heeft gekregen.

Naast het economisch belang heeft het gebruik van rij simulators mogelijk een positief effect op de verkeersveiligheid. Uit de analyse van de rijprestaties van leerlingen is gebleken dat er duidelijk sprake is van onveilig weggedrag door zowel mannen als vrouwen. De onderzoekers willen uitzoeken hoe dit gedrag kan worden beïnvloed en wat de effecten zijn tijdens de rijopleiding en daarna.

Verbetering rijnsimulator

Op basis van de eerste resultaten van het onderzoek formuleren de onderzoekers van TU Delft verbeterpunten die direct kunnen worden geïmplementeerd in de rijnsimulator. Het gaat daarbij om opbouw van de leergang, duur van de lessen en een sterkte- en zwakterapportage. Uit de grote hoeveelheid gegevens is het relatief eenvoudig studentprofielen van de gemiddelde leerling samen te stellen. Op basis van deze studentprofielen kan het leerlingvolgsysteem bepalen of een leerling extra aandacht nodig heeft. De sterkte- zwakterapportage kan tevens gebruikt worden als de leerling overstapt naar de auto.

De korte doorlooptijd tussen analyse, rapportage en verbetering van de software en hardware is van grote waarde voor het onderzoek. Iedere 6 maanden wordt een nieuwe softwareversie geïnstalleerd en worden leerlinggegevens uitgelezen. Hierdoor wordt het mogelijk in een periode van 1 jaar verbeteringen door te voeren en de effectiviteit van die verbeteringen te meten.

Het onderzoeksproject Virtual Assistant loopt tot november 2008.

Publicaties en rapporten tot september 2005 :

De Winter, J.C.F., Wieringa, P.A., Kuipers, J., Mulder, M., Boschloo, H.W. (2005). Gender differences in driving performance during simulation-based training: distinguishing between operation and motivation. *Published to the CD Proceedings of the 24th Annual European Conference on Human Decision Making and Manual Control - EAM 2005 held at Athens, Greece 17-19 October 2005, editor: ICCS*

Boschloo, H.W., Wieringa, P.A., Kuipers, J., Mulder, M., de Winter, J.C.F. (2005). Driving behaviour in low-cost driving simulators: using vibrations to improve braking and cornering behaviour. *Published to the CD Proceedings of the 24th Annual European Conference on Human Decision Making and Manual Control - EAM 2005 held at Athens, Greece 17-19 October 2005, editor: ICCS*

Bronnen

Bürki-Cohen, J., Boothe, E.M., Soja N.N., DiSario, R., Go, T., Longridge T. (2000). Simulator Fidelity - The Effect of Platform Motion. In *Proceedings of the International Conference Flight Simulation--The Next Decade, Royal Aeronautical Society*, 10-12 May 2000, London, UK.

McCauley, M. E., & Sharkey, T. J. (1992). Perceived motion and simulation sickness. In *Proceedings of the Future Directions in Simulation Workshop*. Melbourne, Australia: Aeronautical Research Laboratory, Defence Science and Technology Organisation.

A. Fleming Seay , David M. Krum , Larry Hodges , William Ribarsky, Simulator sickness and presence in a high field-of-view virtual environment, CHI '02 extended abstracts on Human factors in computer systems, April 20-25, 2002, Minneapolis, Minnesota, USA

Meer informatie over De Nederlandse Rijnsimulator vindt u op www.rijnsimulatie.nl

