



OPENPILOT TAILGATING WARNING

Een bumperkleef detectie- en waarschuwingsservice voor het
openpilot systeem

PROJECTPLAN

Auteur

Jeroen Lammersma

E-mailadres

je.lammersma@st.hanze.nl

Studiejaar

Vierde

Studentnummer

362799

Onderwijsinstelling

Hanzehogeschool Groningen

Studie & major

HBO-ICT, Software Engineering

Opdrachtgever

H.M. Groenboom

E-mailadres

h.m.groenboom@pl.hanze.nl

Afstudeerbegeleider

B.L. Heijne

E-mailadres

b.l.heijne@pl.hanze.nl

Bron illustratie voorblad

<https://github.com/commaai/openpilot>

OPENPILOT TAILGATING WARNING

Een bumperkleef detectie- en waarschuwingsservice voor het
openpilot systeem

PROJECTPLAN

Publicatiedatum

4 mei 2022

*Dit projectplan is geschreven onder verantwoordelijkheid
van de Hanzehogeschool Groningen. Het copyright berust
bij de auteur.*

Versie

1.1

Inhoudsopgave

1. Context.....	3
1.1. Riskante gedragingen in het verkeer.....	3
1.2. Virtuele Automobiel Rijcoach.....	3
1.3. comma.ai en openpilot	3
2. Probleem	4
3. Eindproduct	5
4. Deelproducten	6
4.1. Requirements analyse	6
4.2. Technisch ontwerp	6
4.3. openpilot service	6
5. Bestaande kennis.....	7
5.1. Bumperkleven	7
5.2. Time headway & time-to-collision	7
5.3. Forward Collision Warning	7
5.4. Autonoom rijden.....	8
6. Onderzoek.....	9
7. Planning.....	10
8. Risico's.....	11
9. Competenties	12
Literatuurlijst	13

1. Context

Om het project in context te plaatsen volgt eerst achtergrond informatie.

1.1. *Riskante gedragingen in het verkeer*

Dagelijks ontstaan er ongelukken in het verkeer in Nederland. Volgens Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) raakten in 2020 ongeveer 19.700 personen als een gevolg hiervan ernstig gewond (1). Een deel van de verkeersongelukken is te wijten aan riskant verkeersgedrag. Volgens SWOV vallen hier de volgende gedragingen onder (2):

1. Niet gebruiken beveiligingsmiddelen
2. Roodlicht negatie
3. Onvoldoende verlichting
4. Afgeleid of vermoeid
5. Overschrijding limiet / onaangepaste snelheid
6. Agressief rijgedrag
7. Telefoongebruik
8. Te korte volgtijd
9. Rijden onder invloed

Exacte cijfers over hoeveel ongelukken te wijten zijn aan riskant verkeersgedrag zijn niet bekend. Echter, er is wel meer bekend over de risicoverhoging door dergelijk rijgedrag. Een voorbeeld: bij roodlicht negatie op een 50km/uur-kruispunt word de kans op ongeluk met 14 keer vergroot (3).

1.2. *Virtuele Automobiel Rijcoach*

Het lectoraat New Business & IT verbonden aan de Digital Society Hub (DSH) van de Hanzehogeschool Groningen is sinds het begin februari 2022 begonnen met een nieuw project met het doel om te experimenteren met de hard- en software van comma.ai.

Eén van de doelen is om op basis van de software van comma.ai een virtuele rijcoach te ontwikkelen: de Virtuele Automobiel Rijcoach (VAR). Het doel van de VAR is om het rijgedrag van bestuurders op een positieve manier te verbeteren. Het systeem zal bijvoorbeeld moeten gaan waarschuwen wanneer riskant verkeersgedrag optreedt of een gevaarlijke verkeerssituatie ontstaan is.

1.3. *comma.ai en openpilot*

comma.ai is een Amerikaans bedrijf die hard- en software ontwikkeld waarmee een 'gewone' auto kan worden omgezet in een semiautonoome voertuig (4). De nieuwste hardware dat door hen is uitgebracht is (op moment van schrijven) de *comma three devkit* (vanaf nu aangeduid als simpelweg comma 3) (5). De comma 3 lijkt op een soort dashcam die gemonteerd kan worden op de voorruit van een auto. Het apparaat heeft drie camera's: twee zijn naar voren gericht en één is gericht naar de binnenkant van de auto. Verder bevat het een beeldscherm is het mogelijk om video's van ritten op te slaan.

De software, genaamd openpilot, is open source (6). Dit biedt kansen om met de comma 3 en openpilot te gaan experimenteren. De VAR wordt een nieuwe feature die toegevoegd wordt aan de bestaande openpilot software.

2. Probleem

Te korte volgtijd, of bumperkleven, is één van de riskante gedragingen in het verkeer. Verder toont onderzoek uitgevoerd door Allianz Direct aan dat bumperkleven op de eerste plek staat van ergernissen die ervaren worden in het verkeer (7). Op het moment bestaat de VAR nog niet en heeft en is het dus nog niet mogelijk om bumperkleven op te merken met openpilot.

Bumperkleven is technisch gezien simpeler vergeleken met andere riskante verkeersgedragingen. Daarnaast is het (nog) onbekend wat de complexiteit zal zijn om een nieuwe service toe te voegen aan openpilot. Om het project haalbaar te houden wordt er dus gekozen voor bumperkleven.

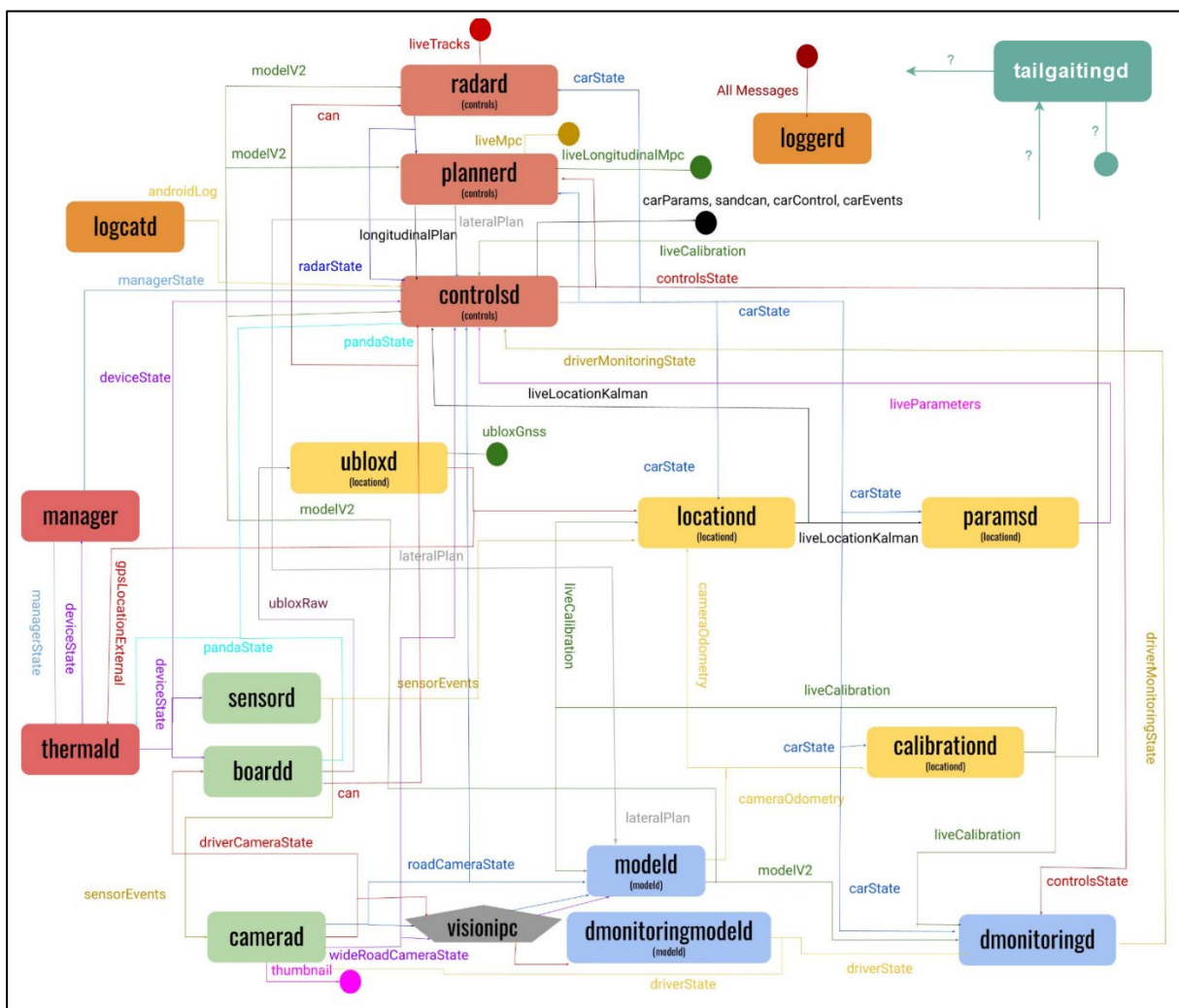
Het probleem luidt dan ook:

openpilot is momenteel niet in staat om bumperkleven te detecteren en de bestuurder hierover te waarschuwen.

3. Eindproduct

openpilot is opgebouwd uit services die met elkaar communiceren (8). Hier zal een nieuwe service aan worden toegevoegd (bijvoorbeeld 'tailgatingd') die het doel heeft om bumperkleven te detecteren en de bestuurder daarover te informeren wanneer dat voorkomt. Dit zou in de vorm van een melding op de display van de comma 3 kunnen zijn. Echter, de exacte wijze van het informeren van de bestuurder zal op een later moment tijdens het project uitgedacht worden.

Een illustratie van de openpilot services en hoe de communicatie tussen elk is opgezet is te vinden als figuur 1. Het is niet nodig om de illustratie volledig te begrijpen. Het is ter illustratie hoe de bumperkleef detectie service (rechtsboven) hier een plaats in zal vinden. Het is nog onbekend welke communicatie van en naar de bumperkleef service zal plaatsenvinden, dus ook dit zal op een later moment tijdens het project duidelijk worden.



Figuur 1: Globaal overzicht van de openpilot services inclusief de toekomstige bumperkleef detectie service.

4. Deelproducten

Om het eindproduct te verwezenlijken zullen de onderstaande deelproducten gerealiseerd worden.

4.1. *Requirements analyse*

Met de requirements analyse zal achterhaald worden aan welke eisen het eindproduct moet worden voldaan. De beperkingen, functionele- en niet-functionele requirements zullen worden beschreven. Hiervoor zullen de stakeholders geraadpleegd worden, zoals de opdrachtgever, experts en indien mogelijk de eindgebruiker. Er zal gebruikt worden gemaakt van de MoSCoW-analyse methode.

4.2. *Technisch ontwerp*

Wanneer duidelijk is wat de requirements zijn van het eindproduct dan zal dit vertaald worden naar een technisch ontwerp. Het gedrag van het eindproduct wordt beschreven. Om het eindproduct te ontwikkelen zal er naar verwachting een openpilot service ontwikkeld moeten worden. Hiervan zal dus allereerst een ontwerp van gemaakt worden. Daarnaast zal er een architectuur plaat gebouwd worden om duidelijk maken hoe de ontwikkelde service communiceert met andere services van openpilot. Er zal gebruikt worden gemaakt van UML en/of het C4 model.

4.3. *openpilot service*

Implementatie van de nieuw ontwikkelde openpilot service die bumperkleven detecteert en meldt. Hiervoor zal het eerdere gemaakte ontwerp gebruikt worden. Er zal er een fork gemaakt worden van de openpilot codebase. Aan deze fork zal de nieuwe service toegevoegd worden. De service zal zeer waarschijnlijk geschreven worden in Python en/of C++, omdat de meeste broncode van openpilot geschreven is in deze programmeertalen.

5. Bestaande kennis

In dit hoofdstuk wordt kort de belangrijkste kennis beschreven die betrekking heeft tot het project.

5.1. Bumperkleven

Bumperkleven wordt gezien als een te korte volgafstand houden op een voorligger gedurende een langere tijd. SWOV definieert het als volgt: *“gedurende langere tijd op een dermate korte volgafstand van je voorganger rijden dat het niet meer mogelijk is om op tijd te stoppen in het geval van een noodstop van die voorganger.”* (9).

Maar wat is dan precies een te korte volgafstand? Nagenoeg iedere bestuurder heeft wel eens hebben gehoord van de 2 seconden-regel: om een veilige afstand tot je voorligger te behouden wordt er aangeraden om minimaal twee seconden volgtijd aan te houden (9). Ook in andere landen is deze regel de norm.

Wel is belangrijk om te beseffen dat (korttijdig) binnen een volgtijd van twee seconden rijden tot een voorligger niet gelijk betekend dat er sprake is van bumperkleven. Ook al is twee seconden volgtijd het advies, in de praktijk is de gemiddelde volgtijd van personenauto's vaak minder dan dit. Vanaf ongeveer 90 km/uur is de gemiddelde volgtijd zelfs kleiner dan één seconde (9).

Wanneer we kijken naar Duitsland en Zweden dan zien we dat de politie boetes gaat uitdelen wanneer de volgtijd één seconde of minder is (10). Om deze reden klinkt het redelijk om één seconde als grenswaarde te hanteren om te spreken over bumperkleven, ook omdat een volgtijd van minder dan twee seconden in de praktijk meer regel is dan uitzondering. Tegelijkertijd zal het aanhouden van deze grenswaarde helpen bij het verminderen van vroegtijdige en onnodige waarschuwingen.

Verder speelt gedrag ook zeker een rol; bumperkleven kan namelijk zowel onbewust als bewust van aard zijn. Bij onbewust bumperkleven heeft de bestuurder niet door dat de volgafstand te klein is geworden. Bij bewust bumperkleven wel: de bestuurder is opzettelijk dicht achter de voorligger gaan rijden. Dit kan zijn om de voorligger te laten weten dat de bestuurder graag in wil halen. Daarnaast kan het ook veroorzaakt worden door frustratie bij de bestuurder: boosheid gaat vaak gepaard met verkeersagressie (2).

5.2. Time headway & time-to-collision

Twee veiligheidsindicatoren binnen het verkeer zijn time headway (THW) en time-to-collision (TTC). THW wordt gebruikt om de volgtijd tot een voorligger te meten. Volgens de definitie is THW de tijd dat verstreken is tussen het moment dat het voorste voertuig met de voorkant een punt passeert en wanneer het volgende voertuig met de voorkant datzelfde punt passeert. TTC daarentegen is de tijd voordat een botsing ontstaat met de voorganger (mits de richtingskoers en snelheidsverschil hetzelfde blijven) (10).

Voor het detecteren van bumperkleven zal THW een belangrijke indicator zijn.

5.3. Forward Collision Warning

Een al wat langer bestaand systeem in de automobiël industrie is Forward Collision Warning (FCW). Het doel van het systeem is om de bestuurder te waarschuwen over een dreigende botsing. Het systeem maakt gebruik van TTC. Bij het ontwerpen van

dergelijke systeem is het belangrijk om rekening te houden met de timing van de waarschuwing; je wilt immers de waarschuwing niet te laat geven, zodat de bestuurder nog tijd heeft om te kunnen reageren. Maar, tegelijkertijd wil je ook niet de waarschuwing te vroeg of zelfs onnodig geven, want dat kan zorgen voor irritatie (11).

Omdat bumperkleef detectie in zekere zin overeenstemmingen heeft met FCW kan het interessant zijn om hier verder in te verdiepen. Daarnaast is bij het geven van een bumperkleef waarschuwing de timing uiteraard ook van belang.

5.4. *Autonoom rijden*

SAE International definieert zes niveaus van autonoom rijden, niveau 0 tot en met 5. Bij niveaus 0 tot en met 2 is er voornamelijk sprake van ondersteunende functionaliteiten, zoals waarschuwingen, Automated Lane Centering (ALC) en adaptive cruise control (AAC). Hierbij is de bestuurder nog altijd degene die de auto bestuurt en wordt er verwacht dat hij of zij ten alle tijden toezicht houdt op deze ondersteunende functionaliteiten. Vanaf niveau 3 tot en met 5 is de bestuurder niet meer degene die de auto bestuurt, ook al zit de bestuurder in de bestuurdersstoel. Bij niveau 3 wordt je geacht de controle over te nemen indien de auto dit van je vraagt. Bij niveau 4 heeft het voertuig alle controle is er sprake van volledig autonoom rijden. Echter, de auto rijdt alleen onder bepaalde condities. Als een autonoom voertuig niveau 5 bereikt, dan kan het voertuig op elke plek en onder elke conditie de auto besturen (12).

Op het moment van schrijven valt bijvoorbeeld de Tesla Autopilot onder niveau 2, want de bestuurder moet nog altijd gereed zijn om de controle over het voertuig over te nemen.

Wanneer er gekeken wordt naar openpilot, dan valt deze (op dit moment) ook onder niveau 2. openpilot biedt namelijk AAC, ALC, FCW en Lane Departure Warning (LDW) (6). Verder wordt door openpilot ook nog altijd vereist dat de bestuurder ten alle tijden moet kunnen ingrijpen.

6. Onderzoek

Tijdens het project zal er een onderzoek plaatsvinden tijdens de realisatie fase, ten behoeve van het realiseren van de openpilot service. Het doel van het onderzoek is om de kwaliteit van de te ontwikkelen service te achterhalen.

De onderzoeksvraag luidt dan ook: **kan de ontwikkelde openpilot service bumperkleven correct detecteren?**

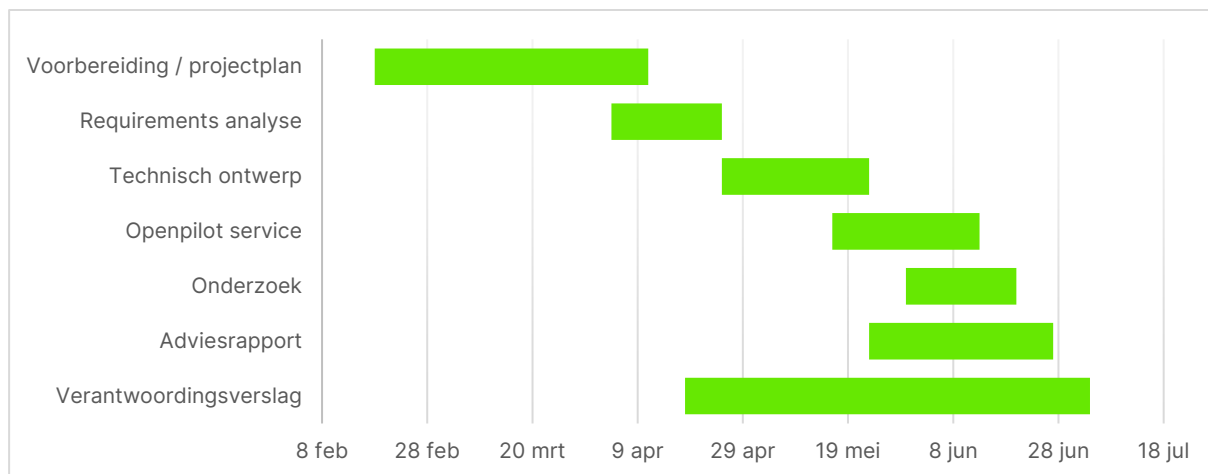
Als dataverzamelmethode wordt er gekozen voor een experiment. De verkregen data zal geanalyseerd worden door middel van statistische analyse.

Omdat het enigszins juridisch lastig kan worden om de comma 3 te plaatsen in een fysieke auto en hiermee vervolgens in de echte wereld tests uit te voeren zal er gebruik worden gemaakt van een simulator. Voor openpilot bestaat er al een tool die het mogelijk maakt openpilot te laten rijden binnen CARLA, een open-source simulator specifiek ontwikkeld voor onderzoek naar autonoom rijden (13). Om deze reden zal CARLA ingezet worden als simulator voor het onderzoek.

Er zullen voor CARLA verscheidende deterministische scenario's ontworpen en afgespeeld worden om te kijken in hoeverre bumperkleven correct gedetecteerd wordt. Wie de scenario's gaat ontwerpen, op welke manier en hoe deze gevalideerd zullen worden zijn nog openstaande vraagstukken en zullen later geadresseerd worden.

7. Planning

De Gantt chart weergegeven als figuur 2 geeft de algemene planning van het project weer. Door het experimentele karakter van het project had de opdracht een beduidende voorbereidingstijd nodig.



Figuur 2: De algemene planning van dit project.

8. Risico's

In tabel 1 is een overzicht te vinden van de belangrijkste risico's van dit project.

Tabel 1: De belangrijkste risico's die voor kunnen komen tijdens het project, met bijpassende inperkingen en tegenreacties.

Risico	Beperkt door	Tegenreactie
Scope creep	De scope helder en duidelijk af te bakenen met de opdrachtgever, zodoende dat er geen twijfel kan ontstaan.	Indien het voorkomt, plaatsen op een backlog. Indien het in de planning past meenemen. Zo niet, dan vasthouden aan afgesproken scope.
Tijdgebrek	Een realistische planning maken en hier zo goed mogelijk aan te houden.	Met opdrachtgever overleggen of bepaalde zaken overgeslagen kunnen worden.
Opdrachtgever niet meer in staat project te begeleiden	N.v.t.	Met de organisatie van de opdrachtgever overleggen hoe het project voortgezet kan worden.
openpilot codebase is te ingewikkeld om de gevraagde software in te ontwikkelen	Goed onderzoek doen naar codebase en zoveel mogelijk informatie inwinnen over ontwikkelen binnen openpilot.	Met andere studenten overleggen die bezig zijn met comma.ai en eventueel externen raadplegen van de comma.ai / openpilot development community.
Scenario's ontwikkelen voor CARLA om te testen blijkt tijdrovender / lastiger dan gedacht	Goed onderzoek doen naar de ontwikkeling van scenario's en in een vroeg stadium van project een simpel test scenario opzetten.	Hulp vragen aan andere studenten die bezig zijn met comma.ai en/of opdrachtgever vragen of externe hulp gezocht kan worden.

9. Competenties

In dit hoofdstuk zal toegelicht worden hoe de benodigde competenties aangetoond zullen worden. Tabel 2 geeft hier een duidelijk overzicht van.

Tabel 2: de benodigde competenties voor een geslaagd project en hoe deze aangetoond zullen worden.

Competentie	Aangetoond door
Analyseren	Document met requirementsanalyse
Ontwerpen	Technisch ontwerp
Realiseren	Broncode openpilot service en resultaat onderzoek
Professioneel werken	Projectplan, verantwoordingsrapport en reflectie
Schriftelijke vaardigheden	Verantwoordingsrapport
Onderzoek	Resultaten uitgevoerd experiment en hoofdstuk onderzoek in verantwoordingsrapport

Literatuurlijst

1. SWOV. Ernstig verkeersgewonden in Nederland. 2021. Beschikbaar via: <https://swov.nl/nl/factsheet/ernstig-verkeersgewonden-nederland>. Geraadpleegd 2022 april 4.
2. SWOV. Riskant verkeersgedrag, verkeersagressie en veelplegers. 2021. Beschikbaar via: <https://www.swov.nl/nl/factsheet/riskant-verkeersgedrag-verkeersagressie-en-veelplegers>. Geraadpleegd 2022 april 4.
3. Aarts LT, Loenis B, Korving H, Guiking C. Risicofactoren op 50km/uur-kruispunten met verkeerslichten. Den Haag: SWOV; 2017.
4. comma.ai. Beschikbaar via: <https://comma.ai/>.
5. comma.ai. comma three Press Release. 2021. Beschikbaar via: <https://blog.comma.ai/comma-three-press-release/>. Geraadpleegd 2022 maart 30.
6. comma.ai. commaai/openpilot: openpilot is an open source driver assistance system. openpilot performs the functions of Automated Lane Centering and Adaptive Cruise Control for over 200 supported car makes and models.. GitHub. Beschikbaar via: <https://github.com/commaai/openpilot>.
7. Allianz Direct. De grootste auto ergernissen van Nederland. Beschikbaar via: <https://www.allianzdirect.nl/pers/grootste-auto-ergernissen-2021/>. Geraadpleegd 2022 april 7.
8. comma.ai. How openpilot works in 2021. 2021. Beschikbaar via: <https://blog.comma.ai/openpilot-in-2021/>. Geraadpleegd 2022 april 8.
9. SWOV. Volgtijd en verkeersveiligheid. Leidschendam: SWOV; 2012.
10. Vogel K. A comparison of headway and time to collision as safety indicators. Accident Analysis & Prevention. 2003 mei: p. 427-433.
11. Kiefer RJ, LeBlanc DJ, Flannagan CA. Developing an inverse time-to-collision crash alert timing approach based on drivers' last-second braking and steering judgments. Elsevier; 2004.
12. SAE International. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. J3016_202104. SAE International; 2021.
13. CARLA. CARLA Simulator. Beschikbaar via: <https://carla.org/>.