

Video-Based Monitoring

Meten van Verkeersveiligheidsindicatoren

Samenvatting

Om de effecten van infrastructurele maatregelen zoals versmalde rijstroken en spitsstroken te kunnen evalueren is er in toenemende mate behoefte aan systemen die informatie leveren over verkeers- en verkeersveiligheidsindicatoren met een hoog detail niveau. Video-Based Monitoring (VBM) is een techniek om automatisch het gedrag van individuele verkeersdeelnemers te meten uit video. Uit opeenvolgende video beelden worden trajectoriën van individuele weggebruikers nauwkeurig gemeten. Hieruit zijn manoeuvres, zoals rijstrookwisselingen, inhalen en volgen af te leiden en te kwantificeren middels volgtijden, time-to-collision en onderlinge longitudinale en laterale afstanden. Uit de extreme waarden van manoeuvres worden gevaarlijke of kritische situaties en potentiële conflicten zoals bumperklevers geïdentificeerd.

B.D. Netten, TNO

J. Baan, TNO

H. Kieckhöfer, TNO

A.A.P.M. van Loon, RWS

A. Belitskaya, TNO

Inleiding

Door het toenemend gebruik van het hoofdwegennet en de zeer beperkte uitbreidingsmogelijkheden is de behoefte ontstaan aan mogelijkheden om binnen het bestaande profiel tot capaciteitsuitbreiding te komen. Dit heeft onder meer geleid tot een methode om via versmalde rijbaanindelingen op autosnelwegen een extra rijstrook te realiseren. Daarbij worden snelheidsbeperking, beperking van de voertuigbreedte en het tijdelijk gebruik van de vluchtstrook als extra maatregelen toegevoegd. Aan de hand van het rijgedrag wordt deze methode in de praktijk getoetst op effectiviteit van doorstroming en verkeersveiligheid.

Op vijf locaties (A1, A12, A13, A27 en A50) zijn in de afgelopen jaren spits- en plusstroken aangelegd, en zijn in het verleden video opnamen gemaakt van het verkeer over langere perioden en onder verschillende verkeers- en weersomstandigheden. De Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat heeft TNO gevraagd om deze grote hoeveelheid beeldmateriaal automatisch te verwerken, het rijgedrag vast te leggen en te analyseren. Momenteel worden ook opnamen gemaakt van de gewijzigde situatie, zodat ook het rijgedrag bij versmalde rijbaanindelingen vastgelegd en geanalyseerd kan worden. Uit de verschillen in rijgedrag kan dan de effectiviteit van de nieuwe rijbaanindelingen bepaald worden.

In [1] zijn de automatische beeldanalyse technieken nader beschreven voor het detecteren en volgen van voertuigen. Hierbij zijn alleen beelden gebruikt van vaste camera's midden boven de weg. Van ieder voertuig wordt de trajectorie bepaald als een numerieke beschrijving van de positie van het voertuig in de tijd. Hieruit worden profielen afgeleid voor snelheid en acceleratie, en worden indicatoren afgeleid zoals koers- en afstandhouden bij vrij rijden en inhalen, peletongedrag, rijstrookkeuze en schokgolven. Deze technieken zijn sinds [1] verder verbeterd (Figuur 1) onder andere vanwege de hogere eisen aan de nauwkeurigheid voor het afleiden van manoeuvres en conflicten.



Figuur 1: Verbeterde voertuigdetectie ten opzicht van [1]. De groen-rode balk is de projectielijn van de achterkant van een voertuig op het wegdek.

Manoeuvres en conflicten

Uit trajectoriën zijn problemen met doorstroming en veiligheid te identificeren. Een voertuig dat niet inhaalt maar gedurende langere tijd achter een ander voertuig blijft hangen, kan worden herkend aan de stationaire relatieve positie ten opzichte van de omliggende voertuigen. Bumperklevers zijn te identificeren aan de korte volgtijden. Zulke “typen” van conflicten treden in verschillende vormen en bij verschillende manoeuvres op.

Bumperklevers kunnen bijvoorbeeld gedetecteerd worden als een kortstondige toestand bij het naderen van een voorligger, of bij het kort op elkaar wisselen van rijstrook, maar kunnen ook gedurende langere tijd kort op hun voorligger blijven rijden. Figuur 2 geeft een voorbeeld van het tweede type bumperklevers.

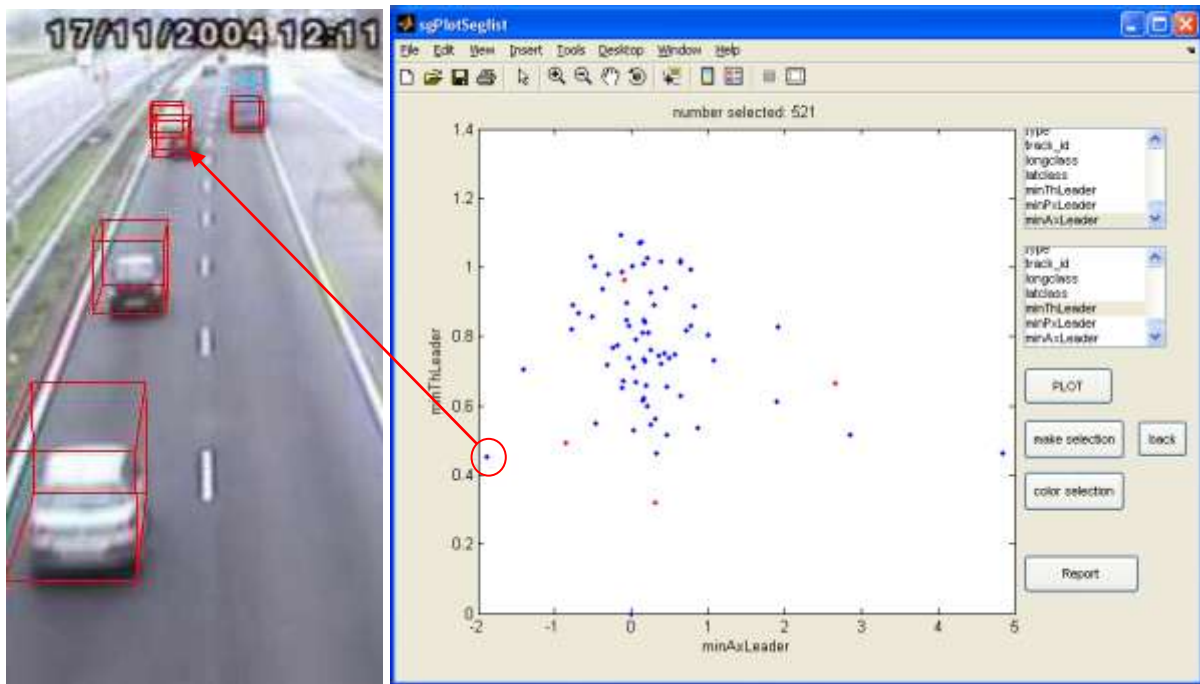


Figuur 2: Voorbeeld van een “bumperklever” bij rijstrookwisseling, met een minimale volgtijd van 0.3 sec (y-as in rechter figuur) en een longitudinale afstand tot de voorligger van 9.4 m (x-as). De rechter figuur toont de trajectoriën met een minimale volgtijd van minder dan 1 sec voor twee klassen van laterale bewegingen; naar links (rood), en rechtdoor (blauw).

Figuur 2 toont de trajectoriën over een periode van een kwartier rond het middaguur die een minimale volgtijd van minder dan 1 sec hebben. Deze zijn geclassificeerd op type manoeuvre voor rijstrookwisseling; voertuigen die rechtdoor rijden (blauw), en voertuigen die van rechts naar links wisselen (rood). Het voorbeeld uit de video toont de meest extreme rijstrookwisseling met een (kortstondige) volgtijd van 0,3 sec. Rijstrookwisselingen naar rechts naar links worden pas uitgevoerd indien de beschikbare volgtijden en –afstanden tot een voorligger aanzienlijk groter zijn dan het bereik van de figuur.

Voor een gedetailleerde analyse van het rijgedrag zullen verkeerskundige en veiligheidsindicatoren gerelateerd moeten worden aan de uitgevoerde controle acties, manoeuvres en de configuratie van omliggende voertuigen. Controle acties zijn eenvoudige besturingsacties zoals longitudinale en laterale acceleraties die zijn af te leiden uit de voertuigbewegingen. Manoeuvres zijn bijvoorbeeld volgen, inhalen en invoegen, en worden uitgevoerd door één of meer achtereenvolgende controle acties. De configuratie wordt afgeleid uit de aanwezigheid en relatieve longitudinale en laterale afstanden, snelheden en versnellingen tot omliggende voertuigen. De uitvoering van een manoeuvre kan verschillen bij verschillende configuraties. Door deze gestructureerde aanpak zijn de kwantitatieve beschrijvingen van controle acties uit de automatische beeldanalyse te relateren aan enerzijds de specifieke manoeuvres en configuraties, en anderzijds aan de verkeerskundige en verkeersveiligheidsindicatoren.

Conflicten zijn daarbij te classificeren als ongewenste, gevaarlijke of uitzonderlijke wijzen van uitvoering van een manoeuvre. De klassen van conflicten zijn echter niet altijd duidelijk herkenbaar in de data. Figuur 2 laat bijvoorbeeld zien dat er geen duidelijk sub-clusters zijn te onderscheiden in de trajectoriën vanaf een volgtijd van 0.45 sec (deze cluster loopt continue door voor volgtijden groter dan 1 sec). Een classificatie van een trajectorie als een conflict enkel op basis van de volgtijd is dan ook arbitrair. Zo'n classificatie is beter te objectiveren indien ook andere parameters worden meegenomen. Figuur 3 geeft de relatieve acceleratie ten opzicht van de voorligger als functie van de volgtijd. Figuur 3 toont alleen de trajectoriën uit Figuur 2. De trajectoriën in de linker-onderhoek vertragen bij een kleine volgtijd en zijn te classificeren als potentiële conflicten.



Figuur 3: Voorbeeld van een “bumperklever” bij inrijden op een langzamere voorligger. Dit voertuig vertraagd met -1.9 m/s^2 (x-as in rechter figuur) en een volgtijd van minimaal 0,45 sec (y-as).

Modellen en simulatie

In de volgende stap worden predictieve modellen getraind die kwantitatief de relatie beschrijven tussen controle acties, configuraties, manoeuvres en conflicten. Deze modellen zijn veelal multidimensionaal, niet-lineair, moeilijk weer te geven in een twee-dimensionale figuur en niet direct interpreteerbaar als een beslissingsmodel voor verkeers- of bestuurdersgedrag.

De modellen geven echter wel een nauwkeurige beschrijving van het waargenomen verkeersgedrag op de specifieke locatie en omstandigheden. De beschrijving wordt gegeven in de vorm van modellen voor manoeuvres en conflicten. Dit is vaak gemakkelijker interpreteerbaar en doorzoekbaar voor een gebruiker dan een database met meetresultaten. De modellen zijn geschikt als invoer voor verkeerskundig en verkeersveiligheidsonderzoek [2].

De modellen worden gevalideerd door de verkeerssituaties uit het oorspronkelijke beeldmateriaal te simuleren en te vergelijken met de resultaten uit de automatische beeldanalyse. In Figuur 2 en 3 (linker figuren) worden de gedetecteerde posities van de voertuigen vanuit de oorspronkelijke camera positie geprojecteerd als draadmodel op de oorspronkelijke video. Op eenzelfde wijze kan ook de gesimuleerde positie worden geprojecteerd. De gemeten verschillen in beide posities, en de visuele controle ten opzichte

van het oorspronkelijke beeldmateriaal vereenvoudigen de validatie van zowel de resultaten uit de automatische beeldanalyse als de modellen, waardoor de kwaliteit van het eindresultaat wordt verbeterd. De validatie is uitgevoerd met de MARS omgeving [3].

Conclusie

Video-Based Monitoring (VBM) is een techniek om automatisch het gedrag van individuele verkeersdeelnemers te meten uit video. Alex van Loon e.a. [1] beschrijven de technologie van automatische beeldanalyse om weggebruikers te detecteren en hun gedrag nauwkeurige te beschrijven in trajectoriën. Hier is de methodiek beschreven om manoeuvres en conflicten af te leiden uit de trajectoriën en hoe deze zijn te beschrijven met volgtijden, time-to-collision, en onderlinge longitudinale en laterale afstanden.

Indicatoren voor verkeersgedrag en verkeers(on)veiligheid kunnen zo over langere periode objectief en automatisch gemeten worden als basis voor onderzoek en evaluatie van black spots en de effecten van maatregelen. VBM biedt de volgende gebruiksmogelijkheden:

- Het verkeersgedrag uit video wordt gemeten en beschreven in verkeerskundige en verkeersveiligheidsindicatoren, en als numerieke modellen van manoeuvres en conflicten.
- Met een data viewer kunnen de video fragmenten worden teruggezocht op indicatoren, manoeuvres en conflicten, en kan eenvoudig een voorselectie worden gemaakt voor verdere analyse en onderzoek.
- Meer realistische “what-if” scenario’s voor de ontwikkeling en evaluatie van maatregelen kunnen worden gesimuleerd op basis van de realistische en locatie-specifieke modellen.

Literatuur/referenties/bronnen

- [1] Alex van Loon, Jurgen den Hartog, Jan Baan, Computer analyseert rijgedrag, stap voorwaarts in automatische beeldanalyse. Verkeerskunde 1/2007, p. 44-49.
- [2] L.H. Immers, Surrogaat-veiligheidsmaten en ongevalsrisico's, NVVC 2006.
- [3] Z. Papp, F. den Ouden, B. Netten, A. Zoutendijk, Scalable HIL Simulator for Multi-Agent Systems Interacting in Physical Environments, IEEE Workshop on distributed Intelligent Systems, 2006, pp 177-182.