

Adviesrapport

Verkeerssimulatie met Agent-based Modelling

Ali Albonaser

Studentnummer: 1852275

Inleiding

In de stad Amersfoort ontstaan tijdens piekmomenten regelmatig opstoppingen bij drukke verkeerskruispunten. De gemeente overweegt om een nieuw stoplicht te plaatsen op een locatie waar het verkeer vaak vastloopt. Omdat het aanleggen van extra infrastructuur kosten met zich meebrengt, is het wenselijk om vooraf te onderzoeken welke oplossing het meest effectief is.

In dit project is met behulp van een agent-based simulatie onderzocht welk verkeersmodel zorgt voor een betere doorstroming: een kruispunt met meerdere afslagen en één stoplicht, of een configuratie met meerdere wegen en afzonderlijke stoplichten per rijrichting.

Probleemstelling en onderzoeksvraag

De centrale probleemstelling is het verbeteren van de verkeersdoorstroming zonder onnodige investeringen in infrastructuur.

De onderzoeksvraag luidt:

Welk verkeersmodel zorgt voor een betere doorstroming van het verkeer, een kruispunt met meerdere afslagen en één stoplicht of een configuratie met meerdere wegen en afzonderlijke stoplichten?

Hypothese

De verwachting is dat het model met meerdere wegen en afzonderlijke stoplichten zorgt voor een betere doorstroming van het verkeer. Doordat verkeersstromen minder met elkaar conflicteren, hoeven voertuigen minder lang te wachten en ontstaan er minder opstoppingen dan bij een kruispunt met één centraal stoplicht.

Modelleerkeuzes

Voor dit onderzoek is gebruikgemaakt van agent-based modelling met behulp van Mesa. Auto's worden gemodelleerd als individuele agents met eenvoudig rijgedrag. De omgeving bestaat uit een wegennet met één of meerdere rijstroken, afhankelijk van het gekozen verkeersmodel.

De belangrijkste aannames in het model zijn:

Auto's worden gemodelleerd als agents die zich zelfstandig over de weg verplaatsen.

De maximale snelheid van auto's is 50 km/u.

Auto's hebben verschillende acceleraties, variërend tussen 2 en 6 m/s².

Auto's houden een veilige afstand aan tot hun voorganger.

Stoplichten regelen het verkeer volgens vaste cycli.

Er worden twee verkeersmodellen met elkaar vergeleken:

Een kruispunt met één weg en meerdere afslagen, geregeld door één stoplicht.

Een configuratie met meerdere wegen, waarbij elke rijrichting een eigen stoplicht heeft.

Om toeval in het rijgedrag mee te nemen, wordt elke configuratie meerdere keren gesimuleerd.

De prestaties van de modellen worden beoordeeld op basis van:

De doorstroming van het verkeer.

De wachttijden van voertuigen.

Opzet van het experiment

Elke simulatie is uitgevoerd over een periode van 14 uur, wat overeenkomt met 50.400 tijdstappen. Per configuratie, het single-lane model en het multi-lane model, is het maximale aantal auto's begrensd op 37.800. Tijdens de simulatie is per uur data verzameld over wachttijden, het aantal verwerkte voertuigen en de afhandeling per rijrichting.

Alle code, instellingen en uitvoerbestanden zijn opgeslagen in een GitHub-repository, zodat het experiment reproduceerbaar is.

Resultaten

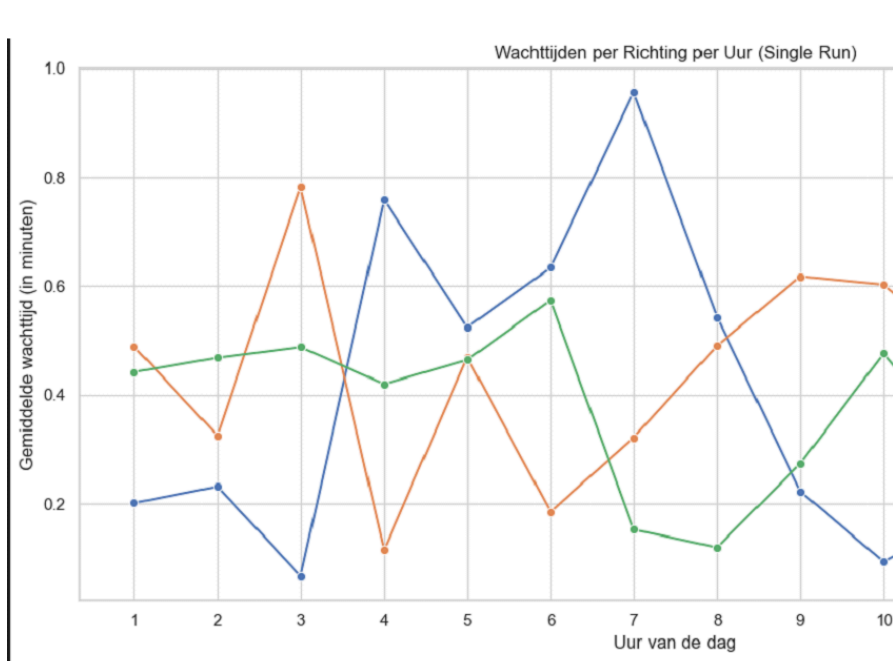
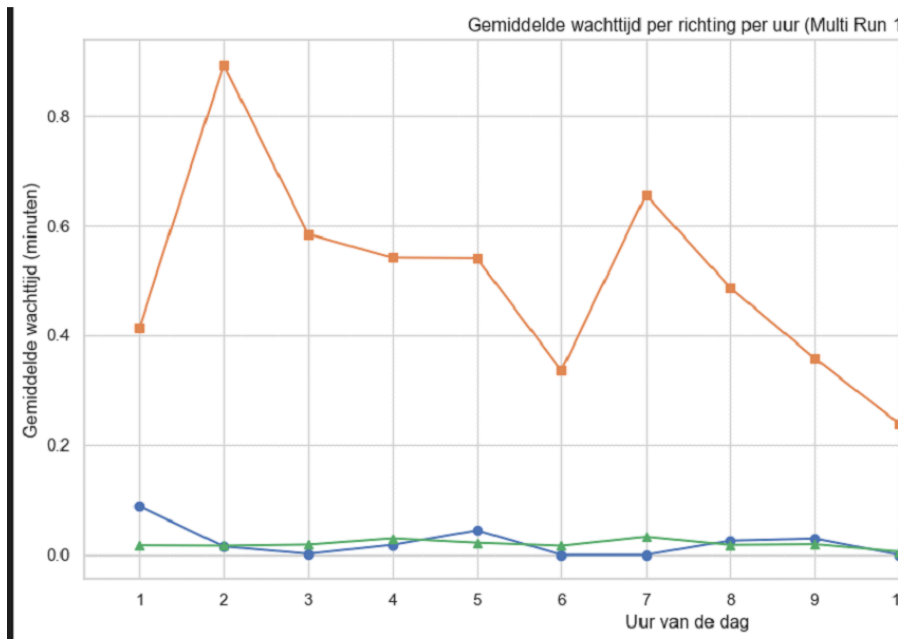
Resultaten van één simulatie-run laten het volgende zien:

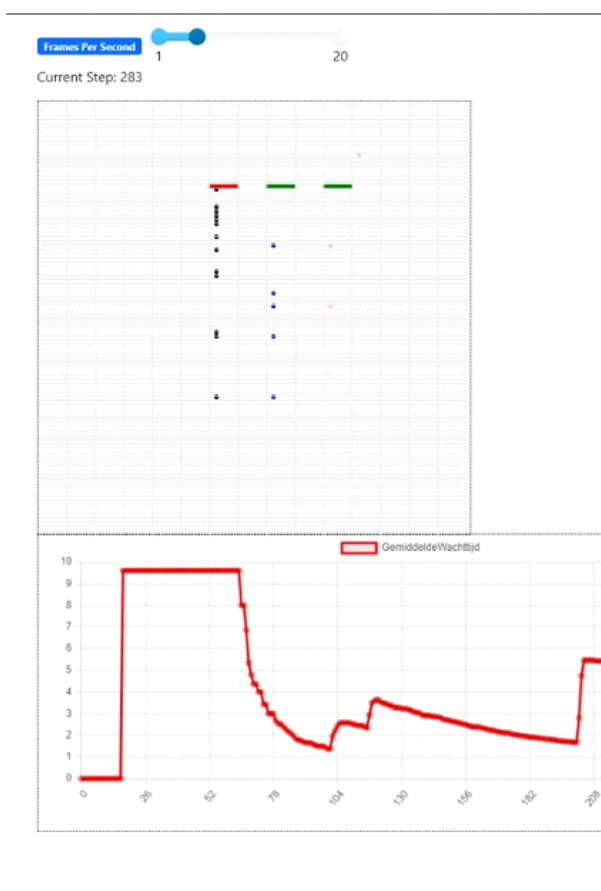
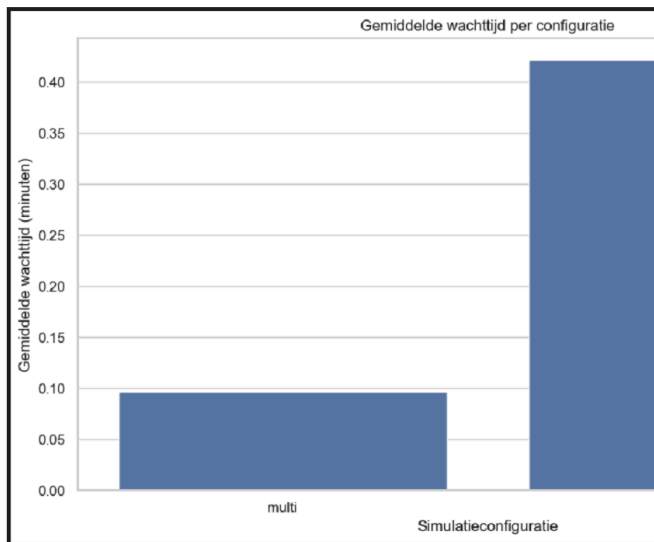
Multi-lane model: 37.800 voertuigen verwerkt, met wachttijden tussen 0 en 94 seconden.

Single-lane model: 18.988 voertuigen verwerkt, met wachttijden tussen 0 en 100 seconden.

De per-uur-data laat zien dat het multi-lane model gedurende de hele simulatie meer voertuigen verwerkt en daarbij lagere en stabielere wachttijden heeft dan het single-lane model.

Visualisaties





Conclusie

Het multi-lane verkeersmodel presteert duidelijk beter dan het single-lane model. Zowel het aantal verwerkte voertuigen als de wachttijden zijn gunstiger in het multi-lane model. Dit bevestigt dat het scheiden van verkeersstromen leidt tot een betere doorstroming van het verkeer.

Reflectie

De uitkomsten van de simulatie sluiten goed aan bij de verwachtingen. Het gebruik van meerdere rijstroken met gescheiden stoplichten bleek duidelijk efficiënter, waardoor voertuigen vlotter konden doorstromen en de gemiddelde wachttijd afnam. Door rijrichtingen over verschillende stoplichten te verdelen, konden verkeersstromen realistischer worden gesimuleerd. Ook het afstemmen van de cyclustijd van stoplichten op de verkeersdruk per richting werkte in de praktijk goed.

Het model is bewust modulair opgezet. Onderdelen zoals auto's en stoplichten zijn los van elkaar geprogrammeerd en werken samen via het model. Hierdoor konden eenvoudig aanpassingen worden gedaan, zoals het invoeren van spitslogica of het variëren van snelheden en voertuigtypes.

Een belangrijke technische keuze was het gebruik van gelijktijdige activatie van agenten. Hierdoor voeren alle agenten hun acties tegelijkertijd uit, wat voorkomt dat bepaalde voertuigen onrealistisch worden bevoordeeld.

Hoewel het model nu al robuust is, zijn er mogelijkheden voor verdere uitbreiding. Denk aan het toevoegen van bochten, complexere kruispunten of het modelleren van files op basis van de afstand tussen voertuigen. Ook kan het meenemen van milieuaspecten, zoals uitstoot of brandstofverbruik, interessant zijn voor toekomstig beleid.

Bronnen

Helbing, D. (2001). *Traffic and related self-driven many-particle systems. Reviews of Modern Physics*, 73(4), 1067–1141.
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.73.1067>

Dit artikel beschrijft basisprincipes van verkeersmodellen en doorstroming.

Mesa Development Team. (z.d.). *Mesa: Agent-based modeling in Python*.
<https://mesa.readthedocs.io/>

Documentatie van de gebruikte agent-based modelling library.

Nagel, K., & Schreckenberg, M. (1992). *A cellular automaton model for freeway traffic. Journal de Physique I*, 2(12), 2221–2229.
<https://doi.org/10.1051/jp1:1992277>

Het Nagel–Schreckenberg-model dat als inspiratie dient voor eenvoudig verkeersgedrag.

Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An introduction to agent-based modeling. MIT Press.

Toegankelijke uitleg over agent-based modelling en simulaties.