

Het effect van automatische voertuigen op de parkeerlocatie keuze: een stated preference onderzoek

Ir. Daphne van den Hurk

Goudappel Coffeng¹

Prof. dr. ir. Bart van Arem

TU Delft²

Dr. Eric Molin

TU Delft³

Wanneer voertuigen in staat zijn om automatisch te rijden en zelfstandig te parkeren, heeft dit grote invloed op zowel de stedelijke omgeving als het menselijke gedrag. Inzicht in factoren die van invloed zijn op de parkeerlocatie keuze van reizigers wanneer automatische voertuigen hun intrede doen in de markt is nodig voor het maken en afwegen van beleidskundige keuzes.

Den Haag is gebruikt als case study in dit onderzoek. Een stated preference experiment is onder 388 respondenten uitgevoerd om te onderzoeken welke parkeerlocatie reizigers prefereren bij een bezoek aan de binnenstad: een parkeergarage in het centrum van de stad of een parkeerterrein aan de stadsrand. Met behulp van het geschatte Multinomiale Logit model zijn vier wat-als scenario's doorgerekend welke de basis vormen voor de beleidsimplicaties. De resultaten laten zien dat de directe kosten een doorslaggevende rol spelen in de keuze voor de parkeerlocatie.

Trefwoorden: automatische auto, parkeerlocatie keuze, parkeren, stated preference experiment, zelfrijdende auto

¹ Goudappel Coffeng. E: dvdhurk@goudappel.nl

² TU Delft. E: b.vanarem@tudelft.nl

³ TU Delft. E: e.j.e.molin@tudelft.nl

1. Introductie

Nieuwe voertuigen kennen steeds meer geautomatiseerde functies. Voertuigen met beperkte geautomatiseerde systemen zoals Adaptieve cruisecontrol, rijbaanassistentie en zelfparkeermogelijkheden zijn op dit moment verkrijgbaar en rijden op het Nederlandse wegennet. Geheel automatische voertuigen, bijvoorbeeld de WEpod, worden ontwikkeld en getest op verschillende delen van de openbare weg (TNO, Royal HaskoningDHV, 2016). Wanneer voertuigen in staat zijn om automatisch te rijden en zelfstandig te parkeren, heeft dit grote invloed op zowel de stedelijke omgeving als het menselijke gedrag. Parkeerplaatsen op loopafstand van de bestemming van de reiziger zijn niet meer nodig, aangezien voertuigen zelfstandig naar een parkeervoorziening kunnen rijden om te parkeren. Diverse studies hebben aangetoond dat (de spreiding van) de parkeervraag mogelijk verandert wanneer automatische voertuigen hun intrede doen op de markt (International Transport Forum, 2015) (Fagnant & Kockelman, 2013) (Zhang, Guhathakurta, Fang, & Zhang, 2015). Uit de resultaten van deze studies blijkt dat in bijna alle scenario's de parkeervraag in de stad drastisch vermindert met de komst van (gedeelde) automatische voertuigen. Het probleem ontstaat dat het onbekend is welke factoren invloed hebben op de parkeerlocatie keuze van reizigers.

Dit paper heeft als doel om het belang van factoren die de parkeerlocatie keuze beïnvloeden in beeld te brengen. Dit paper beantwoordt de volgende onderzoeksvraag: *“Wat is het effect van automatische voertuigen op de parkeerlocatie keuze van reizigers, gebaseerd op parkeerbeperkingen?”*

Inzicht in factoren die de parkeerlocatie keuze bepalen is nodig om het parkeerbeleid te begeleiden voor een toekomstige situatie waarin automatische voertuigen hun intrede doen in de markt. Om beleidsbeslissingen te nemen, is het belangrijk dat overheden inzicht krijgen in de impact van automatische voertuigen. Voor zover bij de auteurs bekend, zijn er geen wetenschappelijke studies beschikbaar die het verwachte gedrag ten aanzien van het parkeren van automatische voertuigen in beeld brengt. Met behulp van een geschatte Multinominale Logit (MNL) model zijn vier wat-als scenario's doorgerekend, dit vormt de basis voor de beleidsimplicaties.

Dit paper beschrijft eerst het onderzoekskader. Vervolgens wordt het conceptueel model van dit onderzoek toegelicht. Daarna wordt ingegaan op de gebruikte methode en de modelresultaten. De paper eindigt met de conclusie en aanbevelingen.

2. Onderzoekskader: Beschrijving van het automatische voertuig en de reis

2.1 Hoog-geautomatiseerde, private voertuigen

SAE International (2016) definieert 6 niveaus van automatisch rijden, variërend van level 0 tot level 5. De conventionele auto wordt aangeduid met level 0. Levels 1, 2 en 3 hebben een bestuurder nodig om te functioneren, waar levels 4 en 5 zonder bestuurder kunnen opereren op het wegennet (SAE International, 2016). Level 4 voertuigen (hoog-geautomatiseerde voertuigen) kunnen enkel opereren onder bepaalde geografische omstandigheden, waar level 5 voertuigen in alle omstandigheden kunnen rijden. Het bereiken van een situatie waarin enkel level 5 voertuigen

opereren op het wegennet vereist doorbraken in software engineering en signaalverwerking (Shladover, 2016). In dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van een situatie waarin level 4 voertuigen opereren.

Automatische voertuigen kunnen fungeren voor privaat gebruik, gedeeld worden met anderen tijdens (een deel van) dezelfde rit of gedeeld worden met anderen in opeenvolgende ritten. Momenteel maakt ongeveer 1 procent van de Nederlanders gebruik van één of meer vormen van autodelen (KiM, 2015). Hoewel autodelen in opkomst is, hebben diverse studies aangetoond dat het delen van een voertuig met vreemden een drempel blijft voor veel mensen (Correia, de Abreu e Silva, & Viegas, 2013). In dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van het privé gebruik van automatische voertuigen.

In dit paper wordt met de terminologie 'automatische voertuigen' het privé gebruik van hooggeautomatiseerde voertuigen bedoeld.

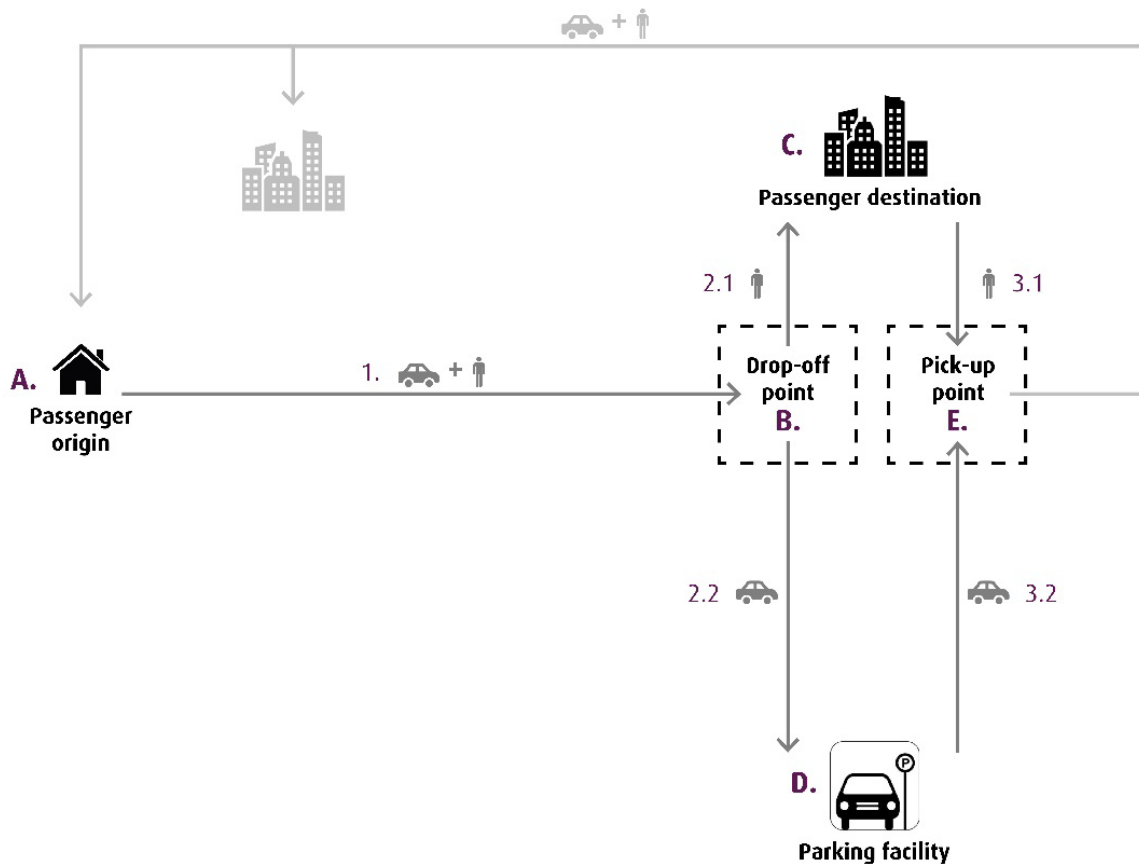
2.2 Concept van de reis met een automatisch voertuig

Het concept van de reis met een automatisch voertuig is nauw verwant aan het concept van Valet Parking. Voor beide concepten geldt dat parkeren op afstand mogelijk is, waarbij de parkeermanoeuvre niet door de eigenaar van het voertuig zelf uitgevoerd wordt. Het belangrijkste verschil tussen beide concepten is dat het automatisch voertuig in staat is om zonder bestuurder te rijden en parkeren waar deze operatie bij het concept van Valet Parking uitgevoerd wordt door een externe chauffeur. Het voordeel van Valet Parking is dat de reistijd van de bestemming naar een parkeerplaats, de zoektijd van een parkeerplaats en de reistijd van de parkeerplaats naar de bestemming niet langer deel uitmaken van de reistijd van de reiziger. Dit voordeel treedt ook op wanneer gebruik wordt gemaakt van een automatisch voertuig.

In Figuur 1 is de reis met een automatisch voertuig schematisch weergegeven. De reis is per onderdeel hieronder verder toegelicht:

1. De herkomst van de reiziger (A) is over het algemeen de woning vanaf waar de reis begint. De reiziger heeft op dat moment al de keuze gemaakt voor het gebruik van het automatisch voertuig en begint de reis vanaf zijn herkomst in de richting van zijn bestemming in de binnenstad (1).
2. Het drop-off punt (B) is het dichtstbijzijnde punt nabij de bestemming van de reiziger waar ruimte is om de reiziger af te zetten. Ruimte voor het afzetten van de reiziger is nodig om opstoppingen te voorkomen ten gevolge van het afzetten van reizigers op de weg zelf. In de binnenstad, waar ruimte schaars is, kan het lastig zijn om voldoende separate drop-off punten te realiseren. In dit onderzoek is uitgegaan van gereserveerde straatparkeerplaatsen die als drop-off punten fungeren. Automatische voertuigen mogen hier niet parkeren, enkel tijdelijk stoppen om reizigers af te zetten. Wanneer de reiziger is afgezet bij het drop-off punt, loopt de reiziger naar de bestemming. Deze loopafstand moet zo kort mogelijk zijn, omdat reizigers dit gedeelte van de reis als negatief ervaren (Ruisong, Meiping, & Xiaoguang, 2009). Tegelijkertijd begint het automatische voertuig zonder de reiziger vanaf het drop-off punt naar een parkeerplaats in de binnenstad of een parkeerplaats aan de rand van de stad te rijden (2.2).
3. De reiziger start de activiteit op zijn bestemming (C).

4. De parkeervoorziening (D) is ofwel een parkeergarage in de binnenstad ofwel een parkeerterrein aan de rand van de stad.
5. Het pick-up punt (E) is het dichtstbijzijnde punt nabij de bestemming van de reiziger, waar ruimte is om de reiziger op te halen. De reiziger loopt van zijn bestemming naar het pick-up punt (3.1) en het automatische voertuig rijdt leeg vanaf de parkeervoorziening naar het pick-up punt (3.2). Wanneer de reiziger en het automatische voertuig beide bij het pick-up punt zijn aangekomen, start de reis vanaf het pick-up punt naar het huis van de reiziger of naar een andere bestemming.



Figuur 1: Schematische weergave van een rit met een automatisch voertuig

3. Conceptueel model: selectie van relevante keuzefactoren

Factoren die mogelijk van invloed zijn op de parkeerlocatie keuze van reizigers zijn geïnventariseerd door middel van een uitgebreide literatuurstudie en expert judgement. Het is onmogelijk om alle geïnventariseerde factoren mee te nemen in het onderzoek. Om die reden is een selectieprocedure uitgevoerd waarin alle factoren getoetst zijn op drie criteria. In de eerste plaats gaat het om de verwachte mate waarin de factor bijdraagt aan de parkeerlocatie keuze. Vervolgens is de meetbaarheid van de factor met een SP-experiment getoetst. Als laatste is gekeken of de gemeente in staat is om de factor te beïnvloeden. De geselecteerde factoren zijn onderverdeeld in de volgende vier categorieën: attributen, persoonlijke eigenschappen, eigenschappen van de reis en percepties ten aanzien van de lege voertuigrit.

3.1 Kenmerken van de alternatieven: attributen

Attributen zijn kenmerken die de alternatieven beschrijven en zijn de onafhankelijke of "voorspeller" variabelen. Het aantal attributen dat in een SP-experiment gebruikt kan worden, is beperkt. Pearmain et al (1991) adviseert om een maximaal 6 of 7 attributen te gebruiken om de keuzevermoeidheid van de respondent te beperken. De volgende attributen zijn meegenomen in het SP-experiment:

1. De parkeerkosten van de parkeervoorziening;
2. Het type bewaking van de parkeervoorziening;
3. Risico op extra wachttijd voor de reiziger (wanneer het automatische voertuig later bij het pick-up punt is dan de reiziger) en
4. Risico op het betalen van een parkeervergoeding (wanneer het automatische voertuig eerder bij het pick-up punt is dan de reiziger).

Attribuut (1) en (2) zijn van toepassing bij zowel het gebruik van conventionele voertuigen als automatische voertuigen. Attribuut (3) en (4) gelden enkel in een situatie wanneer automatische voertuigen opereren op het wegennet. Door mogelijke vertraging onderweg bestaat de kans dat het voertuig niet op tijd bij het pick-up punt arriveert. Het voertuig kan immers in de file komen te staan of te maken hebben met wegomleidingen. Wanneer het voertuig later bij het pick-up punt is dan de reiziger, zal de reiziger langer moet wachten. Wanneer het voertuig eerder bij het pick-up punt is dan de reiziger, zal het voertuig tijdelijk moeten parkeren. Omdat ruimte in de binnenstad schaars is en het niet gewenst is om voertuigen op een straatparkeerplaats te laten wachten, wordt het effect van het betalen van een parkeervergoeding voor het tijdelijk parkeren van het automatische voertuig nabij de eindbestemming onderzocht.

3.2 Persoonlijke eigenschappen en gewoontes

Persoonlijke eigenschappen en gewoontes zijn onafhankelijke variabelen welke invloed hebben op het model, maar niet beïnvloed worden door het model. Het is te verwachten dat persoonlijke eigenschappen en gewoontes invloed hebben op voorkeuren van mensen en daarom ook invloed hebben op de parkeerlocatie keuze (Bonsall & Palmer, 2004). (1) Het geslacht, (2) de leeftijd, (3) het inkomen, (4) de aanschafwaarde van de auto, (5) het aantal ritjes met de auto naar de binnenstad en (6) de bekendheid met automatische voertuigen zijn meegenomen in het SP-experiment.

3.3 Eigenschappen van de reis

De eigenschappen van de reis zijn voorwaarden die van toepassing zijn bij het maken van de reis. In het SP-experiment zijn (1) het doel van de reis, (2) de duur van de reis en (3) de vergoeding van de parkeerkosten meegenomen als eigenschappen van de reis (ofwel contextfactoren).

3.4 Percepties ten aanzien van de lege voertuig rit

Percepties ten aanzien van automatische voertuigen kunnen mogelijk de parkeerlocatie keuze beïnvloeden. Verschillende studies hebben percepties ten aanzien van automatische voertuigen onderzocht met betrekking tot onder andere de veiligheid, privacy en het gevaar voor hackers

(Yap, Correia, & Arem, 2016) (König & Neumayr, 2016) (Kyriakidis, Happee, & Winter, 2015) (Bazilinskyy, Kyriakidis, & Winter, 2015). In de studies wordt aangenomen dat de bestuurder aanwezig is tijdens de reis terwijl dat in dit onderzoek niet het geval is. Alle voorgelegde stellingen in de genoemde studies die ook van toepassing kunnen zijn op de reis met een leeg voertuig, hebben betrekking op het vertrouwen in het systeem. Wanneer het systeem niet voldoende functioneert, kan het voertuig schade aan zichzelf of iemand anders aanrichten. König & Neumayr (2016) concluderen dat het meest opvallende resultaat het gebrek aan vertrouwen in de technologie is. Het verschil tussen beide alternatieven is de afstand die het automatisch voertuig zonder de passagier aflegt. Wanneer het automatisch voertuig in een parkeergarage in de binnenstad parkeert, is de afstand zonder passagier veel kleiner dan wanneer het voertuig naar een parkeervoorziening aan de stadsrand rijdt. Bij een groter gebrek aan vertrouwen in de technologie, wordt het voertuig mogelijk minder snel naar de stadsrand gestuurd.

4. Methodiek: Case study in Den Haag en stated preference experiment

4.1 Case study

Den Haag is gebruikt als case study in dit onderzoek. Door het toenemende autogebruik naar het centrum van Den Haag, het grote aandeel aan zoekverkeer in de binnenstad en de goede bereikbaarheid van de stad met de auto, wordt verwacht dat de komst van de automatische auto een aanmerkelijke invloed zal hebben op het parkeergedrag in Den Haag. Het is van belang dat steden zoals Den Haag, die gekenmerkt worden door een grote afstand van de binnenstad tot aan de stadsrand, zicht krijgen op de effecten van automatische voertuigen op het parkeergedrag in de stad. Het empirische kader dat in dit onderzoek gebruikt is, kan toegepast worden op elke andere grote Nederlandse stad.

4.2 Stated preference experiment

Een SP-experiment is uitgevoerd om het effect van automatische voertuigen op de parkeerlocatie keuze van reizigers te onderzoeken. De volgende drie stappen moeten doorlopen worden in een SP-experiment (ChoiceMetrics, 2014):

1. Specificatie van het model;
2. Genereren van het experimentele design en
3. Realisatie en doel van de enquête.

Stap 1: Specificatie van het model

De eerste stap in het creëren van een SP-experiment is het specificeren van het model. Voor de modelspecificatie zijn alternatieven en attributen per alternatief nodig. Alle attribuutwaarden die zijn meegenomen in het onderzoek zijn weergegeven in tabel 1.

De twee alternatieven in dit onderzoek zijn (1) een parkeergarage in het centrum van de stad en (2) een parkeerterrein aan de rand van de stad.

In dit experiment zijn vier specifieke attributen en twee generieke attributen onderzocht. Attributen zijn specifiek wanneer de parameterwaarde β verschilt in beide alternatieven of als het attribuut alleen aanwezig is in één van de alternatieven. De attributen 'parkeerkosten van de parkeervoorziening' en 'type bewaking van de parkeervoorziening' hebben zowel betrekking op de parkeervoorziening in de binnenstad als op de parkeervoorziening aan de stadsrand, maar de parameterwaarde β verschilt. Het 'risico op extra wachttijd' en het 'risico op het betalen van een parkeervergoeding' hebben enkel betrekking op de parkeervoorziening aan de stadsrand. Omdat de afstand vanaf een parkeergarage in het centrum naar de bestemming van de reiziger in het centrum betrekkelijk klein is, is aangenomen dat het voertuig op het juiste moment arriveert. Vanwege de grote afstand vanaf de stadsrand naar de binnenstad, is aangenomen dat er een kans bestaat dat het voertuig later of eerder bij het pick-up punt is dan de reiziger. Wanneer het automatische voertuig te laat bij het pick-up punt is, moet de reiziger wachten. Wanneer het automatische voertuig te vroeg bij het pick-up punt is, moet deze tijdelijk parkeren en moet de reiziger een parkeervergoeding betalen.

De reiskosten en reistijd van de lege voertuig rit van de bestemming naar de parkeervoorziening en visa versa zijn als constante in beide alternatieven meegenomen om te voorkomen dat de respondent hier een eigen aanname voor doet. Dit zijn generieke attributen zonder parameterwaarde β .

Tabel 1: Attributen met bijbehorende waarden voor het SP-experiment

Attributen	Alternatief 1: Parkeergarage	Alternatief 2: Parkeerterrein
Parkeerkosten parkeervoorziening	€ 2,50 per uur (max. €20 per dag) € 3,50 per uur (max. €30 per dag) € 4,50 per uur (max. €40 per dag)	€0 per dag €4 per dag €8 per dag
Type bewaking parkeervoorziening	Geen Camera Personeel	Geen Camera Personeel
Risico op wachttijd	Geen risico op wachttijd	1 op de 10 keer + 10 min 3 op de 10 keer + 10 min 5 op de 10 keer + 10 min
Risico (1 op de 20 keer) op betalen parkeervergoeding	Geen risico op parkeervergoeding	Voertuig wacht tegen betaling: €20 Voertuig wacht gratis
Reiskosten lege voertuig rit	€0,40	€2,00
Reistijd lege voertuig rit	10 minutes	40 minutes

Stap 2: Genereren van het experimentele design

De tweede stap is het genereren van het experimentele design. In experimentele designs worden de hypothetische keuzesets gecreëerd. De keuzesets zijn hypothetisch van aard omdat de automatische auto in de huidige situatie nog niet door particuliere reizigers wordt gebruikt. Er zijn twee soorten experimentele designs: orthogonale designs en efficiënte designs. Een orthogonaal design minimaliseert de correlatie tussen attributen waarbij een efficiënt design standaardfouten minimaliseert. Het is wenselijk om efficiënte designs te gebruiken, omdat deze designs in staat zijn om de informatie uit elke keuzeset te maximaliseren waardoor de schattingen nog preciezer zijn

dan bij orthogonale designs (kleinere standaardfouten). Echter, efficiënte designs vereisen zogenaamde priors, een goede inschatting van parameterwaarden (ChoiceMetrics, 2014). Informatie over priors is in dit geval niet beschikbaar. Daarom wordt een orthogonaal design gebruikt voor het pilot SP-experiment. De parameterschattingen uit de resultaten van het pilot SP-experiment worden gebruikt om een efficiënt design te realiseren voor het uiteindelijke SP-experiment. In totaal zijn 18 keuzesets gerealiseerd in het pilot SP-experiment en 12 keuzesets in het uiteindelijke SP-experiment. Een voorbeeld van een keuzeset is weergegeven in Figuur 2.

Stap 3: Realisatie en doel van de enquête

De enquête bestaat uit een aantal introductievragen gevolgd door drie onderdelen. Het doel van de introductievragen is om de context voor de keuzesets vast te stellen. Respondenten wordt gevraagd naar het reisdoel, de reisduur en de reisvergoeding (parkeerkosten) van hun meest recente reis naar de binnenstad van Den Haag. Naar verwachting spelen de contextfactoren een grote rol, daar de respondenten waarschijnlijk voor een andere parkeervoorziening kiezen indien een andere context van toepassing is. Het doel van het eerste deel (keuzesets) van het SP-experiment is om inzicht te krijgen in keuzes van respondenten op basis van verschillende hypothetische keuzesets. Het doel van het tweede deel (stellingen) van het SP-experiment is het in beeld brengen van het effect van percepties ten aanzien van de lege voertuig rit. Deze percepties kunnen niet vastgelegd worden in de attributen. Percepties zijn latent en worden daarom gevraagd via een aantal stellingen. De stellingen overlappen niet met de attributen in de keuzesets. In het derde deel wordt informatie verzameld over de achtergrondkenmerken van de respondent. Informatie over de persoonlijke eigenschappen en gewoontes van respondenten is nodig om de respondenten te verdelen in verschillende klassen of segmenten. Later wordt geanalyseerd of verschillende persoonlijke kenmerken en gewoontes invloed hebben op de parkeerlocatie keuze van reizigers.

	PARKEREN BINNENSTAD - GARAGE	PARKEREN STADSRAND - TERREIN
reiskosten en reistijd naar en van parkeervoorziening (in elk scenario hetzelfde)	 € 0,40 - 10 minuten	 € 2,00 - 40 minuten
PARKEERKOSTEN PARKEERVOORZIENING	€ 2,50 PER UUR (MAX. € 20,00 PER DAG)	DAGKAART € 8,00
TYPE BEWAKING PARKEERVOORZIENING	PERSONEEL BEWAKING	GEEN BEWAKING
INDIEN AUTO TE LAAT TERUG: U MOET 10 MINUTEN WACHTEN BIJ UW OPHAALPUNT	N.V.T.	5 OP DE 10 KEER MOET U 10 MIN WACHTEN
1 OP DE 20 KEER AUTO TE VROEG TERUG: AUTO MOET WACHTEN BIJ UW OPHAALPUNT	N.V.T.	AUTO WACHT GRATIS

Figuur 2: Voorbeeld van een keuzeset

4.3 Data collectie

De data voor het onderzoek is verkregen in de periode van 13 tot 16 februari 2017 via een online panel. Er zijn twee soorten steekproefmethoden: aselechte steekproefmethoden en selecte steekproefmethoden. Bij een aselechte steekproefmethode hebben alle mensen uit de populatie een even grote kans om in de steekproef terecht te komen. Respondenten in dit onderzoek moeten echter aan specifieke eisen voldoen om de enquête in te kunnen vullen. Dit resulteert in het gebruik van een selecte steekproefmethode. De volgende vereisten gelden voor het panel:

1. Respondenten moeten een auto en een rijbewijs bezitten;
2. Respondenten moeten het afgelopen jaar minimaal één keer de binnenstad van Den Haag met hun eigen auto hebben bezocht en
3. Respondenten mogen niet in Den Haag zelf wonen. Wanneer een respondent in Den Haag woont en vervolgens naar de binnenstad reist, is de mogelijkheid om het voertuig aan de rand van de stad te parkeren irrelevant. Deze respondent zou in zo'n situatie ook de mogelijkheid hebben om het voertuig naar huis te sturen en gratis te parkeren.

5. Resultaten: modelschatting en toepassing van het model

In totaal is data van circa 400 respondenten gebruikt voor de data-analyse in dit onderzoek.

5.1 Resultaten modelschatting

De analyse laat zien dat 28% van de respondenten een vaste voorkeur heeft voor de parkeerlocatie. Dit betekent dat deze respondenten niet gevoelig zijn voor een verandering van de factoren in de keuzesets. Uit de analyse blijkt dat 16% van de respondenten een vaste voorkeur heeft voor parkeren in de binnenstad, tegenover 12% van de respondenten die een vaste voorkeur heeft voor parkeren aan de stadsrand. Eigenschappen van de reis verklaren de vaste voorkeur voor de parkeerlocatie. Een Chi-kwadraat toets is uitgevoerd om te toetsen of variabelen samenhangen. Resultaten van deze toets laten zien dat zakenreizigers vaker een vaste voorkeur hebben voor parkeren in de binnenstad. Daarnaast laten de resultaten zien dat recreatieve reizigers vaker voor een parkeerterrein aan de stadsrand kiezen. Bovendien tonen de resultaten aan dat wanneer de reis minder dan drie uur duurt, vaker voor de parkeervoorziening in de binnenstad gekozen wordt. Reizigers die de parkeerkosten vergoed krijgen, kiezen vaker voor de parkeergarage in de binnenstad⁴.

72% van de respondenten heeft geen vaste voorkeur voor de parkeerlocatie wat betekent dat deze respondenten gevoelig zijn voor een verandering van de factoren in de keuzesets. In tabel 2 zijn de resultaten van het MNL model weergegeven.

Tabel 2: Resultaten MNL model

	Naam	Parameter schatting
Parkeren binnenstad	asc	0.672
	Parkeerkosten	-0.484
	Personeelsbewaking	0.248
Parkeren stadsrand	Parkeerkosten	0.0808 ⁵
		-0.0202 ⁶
	Personeelsbewaking	0.184
	Risico op extra wachttijd	-0.100
	Risico op betalen parkeervergoeding	-0.806

Alle attributen zijn significant, wat betekent dat alle attributen invloed hebben op de parkeerlocatie keuze van reizigers. De alternatief specifieke constante (asc) heeft een positieve waarde, wat aangeeft dat parkeren in de binnenstad over het algemeen de voorkeur heeft ten opzichte van parkeren aan de stadsrand indien de waarde van alle attributen 0 is. De 'parkeerkosten', het 'risico op extra wachttijd' en het 'risico van betalen van een parkeervergoeding' hebben een negatieve invloed op de keuze voor de parkeerlocatie. 'Het type bewaking' heeft een positieve invloed op de

⁴ Resultaten moeten echter met zorg geïnterpreteerd worden, omdat de aanname voor de Chi-kwadraat toets geschonden wordt.

⁵ Lineaire component

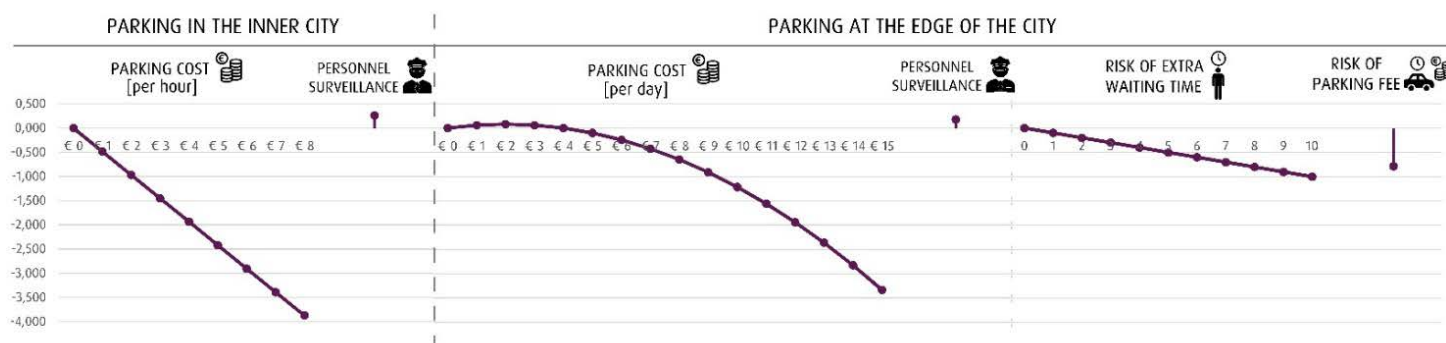
⁶ Kwadratische component

keuze voor de parkeerlocatie. De parameter voor 'camera bewaking' is niet significant, wat betekent dat personen niet gevoelig zijn voor de aanwezigheid van camera's in een parkeergarage.

De parameteruitkomsten van het MNL model kunnen gebruikt worden om de nutsbijdrage in beeld te brengen. De nutsbijdrage geeft aan hoeveel het nut van een parkeervoorziening stijgt of daalt bij verschillende attribuutwaarden. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3. Het blijkt dat het nut voor het parkeren in de binnenstad lineair afneemt wanneer de parkeerkosten stijgen in vergelijking met een kwadratische afname voor parkeren aan de rand van de stad, waar het nut veel sneller afneemt wanneer de parkeerkosten van de parkeervoorziening aan de stadsrand verder verhoogd worden.

De resultaten van het SP-experiment tonen dat reizigers het meest gevoelig zijn voor een verandering van de directe kosten. Dit betreffen de parkeerkosten van de parkeervoorziening en het betalen van een parkeervergoeding voor het tijdelijk parkeren van het automatische voertuig nabij de eindbestemming wanneer het voertuig eerder bij het ophaalpunt is dan de reiziger. Reizigers zijn veel minder gevoelig voor het type bewaking van de parkeervoorziening en het risico op extra wachttijd bij het ophaalpunt.

Persoonlijke eigenschappen, karakteristieken van de reis en risico op schade bij het voertuig onderweg blijken geen effect te hebben op de factoren die van invloed zijn op de parkeerlocatiekeuze van reizigers.



Figuur 3: Nutsbijdrage van de verschillende attributen

5.2 Toepassing model: scenario analyse

Met behulp van het geschatte model kunnen vier wat-als scenario's onderzocht worden door te variëren in de attribuut levels. De volgende vier wat-als scenario's zijn onderzocht:

1. Scenario 1: Variëren van de parkeerkosten van de parkeervoorziening

De parkeerkosten voor parkeren in de binnenstad worden verhoogd en verlaagd met €1 per uur. De parkeerkosten voor parkeren aan de stadsrand worden verhoogd en verlaagd met €4 per dag.

2. Scenario 2: Variëren van het type bewaking van de parkeervoorziening

Het type bewaking van de parkeervoorziening wordt gevarieerd in geen bewaking, camera bewaking en personeel bewaking.

3. *Scenario 3: Variëren van het risico op extra wachttijd (voertuig is te laat)*

In dit scenario wordt de kans dat het voertuig op tijd bij het ophaalpunt aankomt gevarieerd om het effect op de parkeerlocatie keuze te onderzoeken.

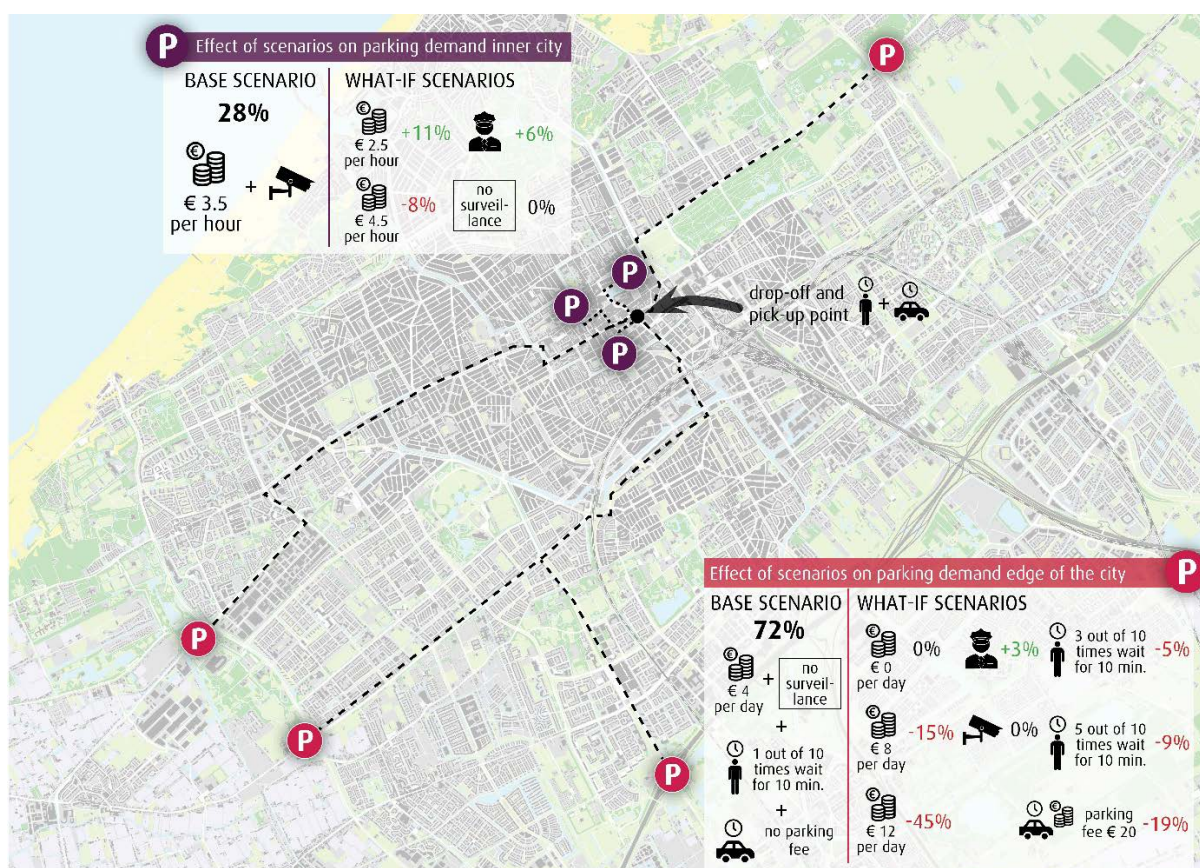
4. *Scenario 4: Betalen parkeervergoeding (voertuig is te vroeg)*

In dit scenario wordt het effect van het betalen van een parkeervergoeding op de parkeerlocatie keuze onderzocht.

De resultaten van de scenario analyse zijn weergegeven in figuur 4. In het basis scenario - waar de parkeerkosten in de binnenstad €3,50 per uur zijn en camera bewaking aanwezig is - parkeert 28% van de reizigers hun automatische voertuig in een parkeergarage in de binnenstad. Daar staat tegenover dat 72% van de reizigers hun automatische auto parkeert op een parkeerterrein aan de stadsrand. Bij de parkeervoorziening aan de stadsrand zijn de parkeerkosten in het basis scenario €4 per dag, is er geen bewaking aanwezig, is het risico op de wachttijd 1 op de 10 keer en hoeft de reiziger geen parkeervergoeding voor het tijdelijk parkeren van het voertuig nabij de bestemming te betalen.

De resultaten in de figuur laten zien met hoeveel procent het gebruik van een parkeervoorziening toe- of afneemt bij een verandering in een van de factoren. Twee voorbeelden zijn hieronder nader toegelicht:

1. Indien de parkeerkosten in de parkparkeergarage in de binnenstad met €1 verhoogd worden - van €3,50 naar €4,50 - zal het aandeel reizigers dat parkeert in de binnenstad verminderen met 8%. In het basisscenario parkeert 28% in de binnenstad, in dit voorbeeld parkeert dus $28\% - 8\% = 20\%$ in de parkeergarage in de binnenstad.
2. Wanneer een parkeervergoeding van €20 wordt ingevoerd voor het tijdelijk parkeren van het automatische voertuig nabij de bestemming, zal het aantal geparkeerde auto's op het parkeerterrein aan de stadsrand met 19% afnemen. In het basisscenario parkeert 72% op het parkeerterrein aan de stadsrand, in dit voorbeeld parkeert dus $72\% - 19\% = 53\%$ op een parkeerterrein aan de stadsrand.



Figuur 4: De invloed van de verschillende wat-als scenario's op de parkeervraag

6. Conclusie en discussie

De resultaten in deze paper geven inzicht in factoren die van invloed zijn op de parkeerlocatie keuze van reizigers in een situatie waarin automatische voertuigen hun intrede doen in de markt. Een stated preference (SP)-experiment is uitgevoerd om een eerste inzicht te krijgen in deze factoren. Den Haag is gebruikt als case study. Als gevolg van keuzes die individuen hebben gemaakt in de voorgelegde hypothetische keuzesituaties, is inzicht verkregen in de voorkeuren voor de parkeerlocatie met de aanname dat het automatische voertuig de reiziger afzet in de binnenstad van Den Haag. De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden voor vervolgonderzoek. De nutsfunctie kunnen bijvoorbeeld geïmplementeerd worden in een verkeersmodel om het effect op het systeem in kaart te brengen. Daarnaast kunnen de resultaten van het onderzoek gebruikt worden door beleidsmakers van grote steden voor het maken en afwegen van beleidskundige keuzes.

De resultaten van het SP-experiment tonen dat reizigers het meest gevoelig zijn voor een verandering van de directe kosten. In dit onderzoek zijn dat de parkeerkosten van de parkeervoorziening en het betalen van een parkeervergoeding voor het tijdelijk parkeren van het automatisch voertuig nabij de eindbestemming wanneer het voertuig eerder bij het ophaalpunt is dan de reiziger. Dit betekent voor beleidsbeslissingen dat het gedrag (goed) stuurbaar is door het gebruik van (gedifferentieerde) tarieven. Reizigers zijn veel minder gevoelig voor het type

bewaking van de parkeervoorziening en het risico op extra wachttijd bij het ophaalpunt. Persoonlijke eigenschappen, karakteristieken van de reis en risico op schade bij het voertuig onderweg blijken geen effect te hebben op de factoren die van invloed zijn op de parkeerlocatiekeuze van reizigers.

De resultaten van dit onderzoek zijn besproken met de gemeente Den Haag. Op basis van de resultaten en de visie die de gemeente heeft om het aantal straatparkeerplaatsen te verminderen en het aantal lege voertuig-kilometers te minimaliseren, is een beleidsadvies opgesteld.

Om het gebruik van het aantal straatparkeerplaatsen te verminderen, moet er een parkeerverbod komen voor het parkeren van automatische voertuigen op straatparkeerplaatsen in de binnenstad. Deze plekken worden enkel gebruikt voor het ophalen en afzetten van reizigers nabij de eindbestemming. Omdat automatische voertuigen autonoom kunnen rijden en zelfstandig kunnen parkeren, kunnen deze voertuigen zichzelf naar een parkeergarage of een parkeerterrein rijden. Om het aantal lege voertuig kilometers als gevolg van dit systeem te verminderen, wordt geadviseerd om kort-parkeren te stimuleren in de binnenstad en lang-parkeren aan de stadsrand. Individuen blijken (zeer) gevoelig te zijn voor een verandering in de directe kosten. Het stimuleren van kort-parkeren in de binnenstad kan gerealiseerd worden door de prijs voor parkeren in de binnenstad aantrekkelijker te maken voor kort-parkeren. Daarnaast moet de prijs voor lang-parkeren op een parkeerterrein aan de stadsrand aantrekkelijker zijn dan lang-parkeren in de binnenstad. Verder wordt geadviseerd om een dynamische parkeervergoeding in te voeren voor het tijdelijk parkeren van het automatisch voertuig nabij de eindbestemming van de reiziger. Op deze manier kan de gemeente (1) het parkeeraanbod en -vraag op elkaar afstemmen, (2) anticiperen op parkeerprijzen van de concurrent en (3) reageren op externe factoren (bijvoorbeeld de spitsperiode).

Referenties

- Bazilinksyy, P., Kyriakidis, M., & Winter, J. d. (2015). *An international crowdsourcing study into people's statements on fully automated driving*. Las Vegas, NV: Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE).
- Bonsall, P., & Palmer, I. (2004). Modelling drivers' car parking behavior using data from a travel choice simulator. *Transportation Research Part C*, 12:321-347.
- ChoiceMetrics. (2014). *Ngene 1.1.2 User Manual & Reference Guide* .
- Correia, G. H., de Abreu e Silva, J., & Viegas, J. M. (2013). Using latent attitudinal variables estimated through a structural equations model for understanding carpooling propensity. *Transportation Planning and Technology*, 36(6):499-519.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2013). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C*: 1-13.
- International Transport Forum. (2015). *Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic*.
- KiM. (2015). *Mijn auto, jouw auto, onze auto. Deelautogebruik in Nederland: omvang, motieven en effecten*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- König, M., & Neumayr, L. (2016). *Users' resistance towards radical innovations: The case of the self-driving car*. *Transportation Research Part F* 44(2017):42-52.
- Kyriakidis, M., Happee, R., & Winter, J. d. (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation Research Part F*, 32:127-140.
- Pearmain, D., Swanson, J., Kroes, E., & Bradley, M. (1991). *Stated Preference Techniques: A Guide to Practice, Second Edition*. Steer Davies Gleave and Hague Consulting Group.
- Ruisong, Y., Meiping, Y., & Xiaoguang, Y. (2009). *Study on driver's parking location choice behavior considering drivers' information*. *Intelligent Computation Technology and Automation*.
- SAE International. (2016). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*.
- Shladover, S. (2016). *The Truth About "Self-Driving" Cars*. ScientificAmerican.com.
- TNO, Royal HaskoningDHV. (2016). *Zelfrijdende auto's: Verkenning van implicaties op het ontwerp van wegen*.
- Yap, M. D., Correia, G., & Arem, B. v. (2016). Preferences of travellers for using automated vehicles as last mile public transport of multimodal train trips. *Transportation Research Part A*, 94:1-16.
- Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J., & Zhang, G. (2015). Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach.