



RAPPORT DEFINITIEF

Mobiliteitsgedrag

State-of-the-art modelleren

Auteur: Barry Zondag (Significance), Maarten Kroesen (TU Delft), Marco Kouwenhoven (Significance)

23 september 2024 | Versie 1.0

Samenvatting

De studie 'State-of-the-art modelleren van mobiliteitsgedrag' is uitgevoerd in opdracht van de Samenwerking en Innovatie in VerkeersModellen door Overheden (SIVMO). SIVMO is een samenwerking tussen tien overheidspartijen met als doel om verkeersmodellen in Nederland te blijven verbeteren. Op basis van gedeelde aandacht en interesse bij de samenwerkende partijen zijn er vanuit SIVMO voor 2024 een viertal projecten geformuleerd met als doel om de huidige modellen en werkwijze te verbeteren. Het thema modelleren van het mobiliteitsgedrag is één van de vier onderwerpen.

De doelstelling voor deze studie is:

'Inzicht krijgen in het menselijke gedrag dat van invloed is op de mobiliteitskeuzen zoals het wel/niet maken van reizen, vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze en tijdstipkeuze. En hoe deze inzichten vertaald kunnen worden naar de mobiliteitsvraagmodellen.'

Een studie naar state-of-the-art modelleren van het menselijke gedrag beslaat potentieel een groot en divers onderzoeksterrein uiteenlopend van gedragstheorieën (o.a. psychologisch en sociologisch) tot kennis over databronnen en -analysemogelijkheden tot kennis over modelleermethodieken en modelgebruik.

Een afbakening van de studie was dan ook nodig en de belangrijke afbakeningen zijn:

- Het gaat om de invloed van gedrag op de mobiliteitskeuzen die onderdeel zijn van de strategische vraagmodellen. Het verkeersgedrag van mensen bestaande uit rijgedrag en routekeuze valt buiten de scope van de opdracht. De modellering van het goederenvervoer, waar menselijk gedrag ook een rol speelt, valt ook buiten de scope van deze studie.
- Bij de operationele transportmodellen wordt voornamelijk gebruik gemaakt van nutsmaximalisatie als gedragstheorie en uitgangspunt voor deze studie is dan ook om te kijken hoe de gedragsmodellering verbeterd kan worden binnen het raamwerk van de nutsmaximalisatietheorie.
- Dit onderzoek is inventariserend van aard en implementatie in de modellen van verbeteringen in de gedragsmodellering valt buiten de scope van dit project.

Het uitgevoerde onderzoek is opgebouwd uit twee delen. Het eerste deel bestaat uit een inventarisatie van de bestaande kennis over groepen van factoren die het mobiliteitsgedrag bepalen. Het tweede deel bestaat uit een werkwijze hoe de gedragsmodellering in de strategische vraagmodellering verbeterd kan worden.

Wat is er bekend over het mobiliteitsgedrag

De inventarisatie van de bestaande kennis over factoren die het mobiliteitsgedrag bepalen, is uitgevoerd door te kijken naar de factoren in bestaande modellen, de literatuur over mobiliteitsgedrag te verkennen en via het houden van interviews met experts of het gebied van verkeerspsychologie en mobiliteitsgedrag.

Op basis van de **literatuurverkenning** wordt een onderscheid gemaakt naar verschillende groepen van factoren die het mobiliteitsgedrag verklaren, bestaande uit sociaal-demografische en economische kenmerken, levensgebeurtenissen, bebouwde omgeving, toegang tot vervoermiddelen en attitudes. Hierbij geldt dat deze groepen van factoren deels

samenhangen in een dynamisch systeem, waarbij de bebouwde omgeving, toegang tot vervoermiddelen en attitudes ook in belangrijke mate endogeen zijn aan het mobiliteitsgedrag. Dit betekent dat het mobiliteitsgedrag ook van invloed is op deze factoren, zo kan iemand die veel met het OV reist op termijn ook een positievere attitude voor het OV ontwikkelen. De sociaal-demografische en economische kenmerken en levensgebeurtenissen worden wel als groepen van factoren gezien die exogeen zijn aan het mobiliteitsgedrag.

Voor de groepen van factoren met een exogene relatie met het mobiliteitsgedrag is de invloed op het mobiliteitsgedrag eenvoudiger vast te stellen, bijvoorbeeld op basis van cross-sectie data, en toe te passen in modellen dan voor de factoren met een endogene relatie. Bij het factoren met een exogene relatie is het de uitdaging om de invloed van de factoren te isoleren van de invloed van interpersoonlijke variatie. De literatuur laat wel zien dat attitudes in belangrijke mate, meer dan de andere factoren, de variatie in het reisgedrag kunnen verklaren maar dit komt dan deels doordat het reisgedrag ook de attitudes beïnvloedt. De verdiepende interviews met experts op terrein van mobiliteitsgedrag geven aan dat op het gebied van attitudes nog nader onderzoek nodig is, voordat deze in operationele modellen opgenomen kunnen worden.

Voor zowel de sociaal-demografische en economische kenmerken als attitudes geldt ook dat er steeds meer aandacht komt voor veranderingen door de tijd. Bij de sociaal-demografische en economische factoren gaat het dan om verandering van de invloed op het mobiliteitsgedrag. Een voorbeeld hiervan is dat de invloed van inkomen op autobezit lijkt af te nemen in de laatste decennia. In de huidige modellen wordt gewerkt met de aanname dat de invloed van deze factoren naar de toekomst constant is.

Voor verandering in attitudes is er ook steeds meer aandacht. Recente onderzoeksresultaten laten zien dat de attitudes veelal minder constant zijn dan eerder gedacht en onder andere ook sterk beïnvloed worden door het huidige reisgedrag en de sociale omgeving. Historisch werden attitudes veelal gezien worden als onveranderlijke factoren met een stabiele invloed op het reisgedrag.

Voor een tiental **strategische vraagmodellen**, waaronder de modellen van de SIVMO-partners en enkele internationale voorbeelden, is gekeken naar welke gedragsverklarende factoren worden meegenomen. De meegenomen groepen van factoren om het gedrag te verklaren in de huidige modellen bestaan uit sociaal-demografische en economische persoons- en huishoudenkenmerken, ruimtelijke kenmerken en uit de toegang tot vervoermiddelen op persoons- of huishoudniveau. Veel gebruikte sociaal-demografische en economische kenmerken in gedesaggregeerde modellen¹ zijn leeftijd, geslacht, maatschappelijke participatie², opleidingsniveau en inkomen. Als ruimtelijk kenmerk wordt er in de meeste modellen gewerkt met stedelijkheidsklassen op basis van bevolkings- en/of banendichtheden in de eigen zone al dan niet rekening houdend met omliggende zones.

De toegang tot vervoermiddelen is in de Nederlandse modellen veelal gericht op de auto, via autobezit of autobeschikbaarheid³ variabelen op persoons- of huishoudniveau. In de internationale modellen wordt er ook vaker gewerkt met OV-abonnementen als persoonskenmerk. Voor de fiets wordt veelal aangenomen dat iedereen toegang heeft. Dit lijkt vooral voor specifieke wijken in de grote steden een te optimistische aanname. De toegang tot de e-bike wordt veelal niet gemodelleerd maar meegenomen via exogene scenario-aannamen.

¹ In de geaggregeerde modellen is het lastig om meerdere kenmerken mee te nemen en wordt dit vaak beperkt tot autobezit.

² Denk hierbij aan student, werkzaam (voltijds of deeltijds), niet werkzaam, gepensioneerd, etc.

³ Autobeschikbaarheid kijkt naar het aantal auto's in een huishouden en het aantal huishoudleden met een rijbewijs, waardoor een auto wel/niet of gedeeld beschikbaar kan zijn.

De onderstaande tabel geeft een samenvatting van bevindingen voor de onderzochte groepen van factoren.

Groepen van factoren	Relevantie voor verklaren gedrag	Complexiteit om mee te nemen	Exogeen/ Endogeen aan reisgedrag	Kansrijk als verbeteroptie
Sociaal-demografische en economische kenmerken	Middel	Laag, er is ervaring met meenemen van deze factoren en data is veelal beschikbaar.	Exogeen	Ja, no regret
Ruimtelijke kenmerken	Beperkt (minder invloed dan sociaal-demografisch en economisch, zit ook deels in LoS)	Variatie in complexiteit om dit mee te nemen, eenvoudig bv dichtheid tot complex functiemenging. Probleem met zelfselectie bij verklaringskracht.	Deels endogeen (zelfselectie)	Ja, no regret
Toegang vervoermiddelen	Hoog	Data redelijk beschikbaar, endogeen/exogeen lastiger te bepalen. Voorbeeld exogeen OV studentenkaart of abonnement werkgever.	Deels endogeen	Ja, vooral ook aandacht voor exogene relaties met reisgedrag
Life events	Beperkt (nog in onderzoeksfase)	Lastig, nog veel onderzoeksvragen en vraagt pad-afhankelijke implementatie.	Exogeen	Als model dynamisch is
Attitudes	Hoog (wel afhankelijk van type attitude)	Complexiteit zit mede in sterke invloed van gedrag op attitudes. Data ontbreekt nog veelal, voorkeur voor panel data.	Sterk endogeen	Toevoegen aan data verzameling, nader onderzoek nodig.

Werkwijzer verbeteren modelleren mobiliteitsgedrag

Om het modelleren van het mobiliteitsgedrag te verbeteren is een werkwijzer opgesteld bestaande uit basisstappen en verdiepende stappen. Onder de basisstappen worden factoren voorgesteld om de gedragsmodellering te verbeteren welke nu al onderdeel zijn van de huidige state-of-the-art modellen. Bij de verdiepende stappen wordt er gekeken naar aanvullende groepen van gedragsverklarende factoren, welke relevant zijn volgens de literatuur maar nog niet opgenomen in de huidige modellen, en naar mogelijkheden om de huidige methodiek te verbeteren voor het bepalen van de invloed van factoren op het gedrag.

Bij het toepassen van de werkwijzer zullen de geadviseerde stappen voor verbetering van de gedragsmodellering voor specifieke modellen verschillen afhankelijk van de structuur van de modellen en welke factoren al worden meegenomen. De werkwijzer adviseert wel het eerst op orde krijgen van de basisstappen voordat gekeken wordt naar de meer verdiepende factoren en methoden. De werkwijzer beoogt niet een blauwdruk te leveren voor de vraagmodellen maar een manier van werken waarbij stapsgewijs getoetst wordt welke factoren bijdragen aan het beter modelleren van het mobiliteitsgedrag.

De **basisstappen** gaan uit van een modelspecificatie onderzoek waarbij de invloed op het mobiliteitsgedrag van sociaal-demografische en economische kenmerken, ruimtelijke kenmerken en de toegang tot de vervoermiddelen wordt onderzocht. Het gaat hierbij om de invloed van deze factoren op mobiliteitskeuzen zoals tourformatie, vervoerwijzekeuze en bestemmingskeuze. De factoren kunnen ook doorwerken in de beschikbare keuzeopties. De rapportage bevat een overzicht van kenmerken welke relevant kunnen zijn voor de verschillende gemodelleerde mobiliteitskeuzen. Omdat de basisstappen al in een deel van de huidige modellen wordt toegepast is er ook ervaring om hoe om te gaan met deze factoren in prognoses waarvan gebruik gemaakt kan worden (denk hier bijvoorbeeld aan de omgevingsscenario's zoals de WLO).

Voor de modellen welke nu nog geen of zeer beperkt gebruik maken van de factoren uit de basisstappen wordt aangeraden om de in de werkwijzer gesuggereerde factoren in een specificatie-onderzoek empirisch te toetsen. Voor de modellen welke nu al veel factoren meenemen kan er gekeken worden welke suggesties additioneel zijn aan de huidige werkwijze. De werkwijzer bevat ook suggesties voor factoren welke nog in geen van de modellen van de SIVMO-partners wordt meegenomen. Voorbeelden hiervan zijn hier meer aandacht voor type werkgelegenheid of de toegang tot OV.

De **methodische verdieping** richt zich op hoe veranderend gedrag door de tijd geschat kan worden en wat de distributie van de parameterwaarden binnen de bevolking(segmenten) is.

Bij de huidige modellen worden de verschillen in het reisgedrag tussen personen verklaard op basis van cross-sectiedata, voor één of enkele recente jaren. Er wordt verondersteld dat personen in de toekomst dezelfde keuzes zullen maken als overeenkomstige personen nu. Om deze veronderstelling te onderzoeken stellen wij voor om gebruik te maken van longitudinale trendschattingen op basis van panel of pseudo-panel data, waarbij personen of segmenten van personen door de tijd gevolgd worden. Dit maakt het mogelijk om de effecten van trendmatige ontwikkelingen mee te nemen in het gedragsmodel.

Praktisch stellen we het schatten van een pseudo-panelmodel voor op basis van een serie jaargangen van MON-, OVIn- en ODIn data. Als onderwerpen om te onderzoeken denken we aan trip/tourfrequenties, waar trends zoals thuiswerken of winkelen van belang lijken, aan vervoerwijzekeuze en reistijdwaardering. Het beter meenemen van trends in gedragsverandering in de modellen maakt de modellen ook meer geschikt voor middellangetermijnprognoses. Bij prognose toepassingen van de modellen moet er dan een scenario inschatting gemaakt worden in hoeverre de trend zich doorzet naar de toekomst of bijvoorbeeld afzwakt op termijn. Dit zou onderdeel kunnen zijn van het opstellen van de 'standaard' omgevingsscenario's en de instelling kan ook gebruikt worden voor onzekerheidsverkenningen (bijvoorbeeld geen trend, huidige trend, versterkte trend).

In de huidige modellen wordt voor alle personen binnen een bepaalde groep dezelfde parameterwaarde gebruikt. Het tweede methodische voorstel is om dit te vervangen door een gedistribueerde parameter. Dit is een parameter die geen unieke waarde heeft, maar die een bepaalde verdeling heeft. De werkelijke variatie in voorkeuren kan hierdoor beter

meegenomen worden in het model. Dit aspect, bijvoorbeeld van belang voor beprijzingstudies waarbij de gevoeligheid tussen personen sterk kan variëren, was in de VS aanleiding voor de ontwikkeling van agent based models. De vervoerwijze-specifieke constanten of vaste tijd- of kosten parameterwaarden in het model zijn interessante parameters in het model om te vervangen door gedistribueerde parameters. De meer geaggregeerde en gemiddelde uitkomsten van de modellen voor maatregeldoorrekeningen zullen hierdoor naar verwachting niet wijzigen maar er komt wel een veel duidelijker onderscheid naar welke groepen niet of nauwelijks hun gedrag wijzigen en welke groepen juist sterk.

De **verdiepende factoren** bestaan uit levensgebeurtenissen en attitudes. Beide groepen van factoren zijn relevant voor het verklaren van het mobiliteitsgedrag en zijn zover wij weten nog niet opgenomen in operationele vraagmodellen.

Voor life events geldt dat het onderzoek op dit terrein nog redelijk beperkt is. Deels kan dit verklaard worden door databeperkingen, waarbij er onvoldoende data is over life events in combinatie met data over het mobiliteitsgedrag. Mogelijke stappen om dit te verbeteren zijn, naast het gebruik van panel data, het koppelen van de CBS micro data, waar veel life events in te vinden zijn, aan ODiN of het gebruik van retrospectieve enquêtes waarbij respondenten gevraagd wordt naar life events over een lange historische periode. Het meenemen in de modellen van life events vraagt om een dynamische modellering waarbij deze veranderingen door de tijd in een population simulator worden gesimuleerd. Het simuleren van de life events in de population simulator is een voorwaarde om daarna de geschatte invloed van de life events op het mobiliteitsgedrag te kunnen meenemen.

Attitudes zijn verklarende factoren die in potentie veel van de variatie in het reisgedrag zouden kunnen verklaren. Overwegingen waarom de attitudes nog niet veel gebruikt worden in de praktijk zijn dat ze deels al worden gevangen door de sociaal-demografische en economische kenmerken, dat ze relatief lastig te meten zijn en voorspelbaar naar de toekomst en dat ze relatief sterk endogeen zijn aan reisgedrag. De hoge verklaringskracht maakt het wel interessant om nader te onderzoeken of attitudes op termijn niet ook meegenomen kunnen worden.

Om dit over een paar jaar te kunnen onderzoeken is het nu nodig om data te gaan verzamelen over attitudes. Dit kan door toevoeging van vragen over specifieke attitudes aan bestaande enquêtes. De kunst is om specifieke attitudes te vinden die sterk verklarend zijn voor de variatie in het reisgedrag maar ook zo veel mogelijk exogeen (niet beïnvloed worden door dit reisgedrag). Hierbij kan gebruik gemaakt worden van kennis uit de literatuur en ontwikkelingen in het buitenland. Naar de toekomst toe kan er gewerkt worden met verschillende scenario's ten aanzien van de ontwikkeling van relevante attitudes. Het kan in dat opzicht leiden tot beter begrip hoe gedrag in de toekomst zou kunnen ontwikkelen.

Summary

The study, State-of-the-Art Modelling of Mobility Behaviour, was commissioned by the Collaboration and Innovation in Traffic Models by Governments (SIVMO). SIVMO aims to enhance traffic models in the Netherlands and consists of a partnership of ten government entities that have various types of strategic demand models (such as tour based disaggregated models or more aggregated models).

The objective of the study is to understand human behaviour influencing mobility choices, such as mode-, destination or time-of-day choice, and how these insights can be integrated into mobility demand models. The scope-of-the study is limited to strategic passenger demand models, excluding driving behaviour and route choice. The generally applied framework of utility maximization theory in transport demand models is taken as a starting point.

The research comprises two parts:

- **Inventory of existing knowledge:** This involves reviewing factors influencing mobility behaviour through literature, existing models, and expert-interviews.
- **Guidelines for improving behavioural modelling:** This provides steps to enhance behavioural modelling in strategic demand models.

Key Findings of inventory

Factors Influencing Mobility Behaviour: These include socio-demographic and economic characteristics, life events, built environment, access to means of transport, and attitudes. These factors interact dynamically, with some being exogenous (e.g., socio-demographic characteristics) and others endogenous (e.g., attitudes) to mobility behaviour.

Challenges in Modelling: Exogenous factors are easier to estimate and model, while endogenous factors, like attitudes, require more research. Attitudes significantly influence travel behaviour but are also shaped by it.

Trends Over Time: There is increasing attention to changes over time of socio-demographic factors and attitudes. For example, the influence of income on car ownership has decreased, and attitudes are less constant than previously thought.

Guidelines for improving behavioural modelling:

The guidelines developed in this study recognise the different stages of behavioural modelling in the existing models of the SIVMO partners and are subdivided in basic steps (incorporated in more advanced models) and advanced steps (still in the research stage).

Basic Steps: Focus on improving the incorporation of socio-demographic and economic characteristics, spatial features, and access to means of transport in models to enhance the modelling of mobility behaviour.

Advanced Steps: These steps consist of adding additional factors influencing mobility behaviour and of methodological improvements to measure the influence of factors more accurately. Additional factors to consider include life events and attitudes, which require more research and data collection. Improved methods include use of longitudinal data to capture trends and use of distributed parameters to reflect variations in preferences.

The guidelines suggest a step-by-step approach to test which factors improve mobility behaviour modelling. Initial steps should focus on well-established factors before exploring more complex ones

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Wat is er bekend over het mobiliteitsgedrag	2
Werkwijzer verbeteren modelleren mobiliteitsgedrag	4
Summary	7
Inhoudsopgave	9
1. Inleiding en onderzoeksopzet	11
1.1. Aanleiding	11
1.2. Doelstelling en afbakening onderzoek	11
1.3. Onderzoeksopzet	12
2. Wat is er bekend over mobiliteitsgedrag	14
2.1. Bestaande modellen	14
2.2. Literatuur over mobiliteitsgedrag	17
2.2.1. Doel en afbakening	17
2.2.2. Conceptueel model	17
2.2.3. Sociaal-demografische en economische kenmerken	18
2.2.4. Levensgebeurtenissen ('life events')	18
2.2.5. Vervoermiddelenbezit	19
2.2.6. (Veranderingen in) attitudes	19
2.2.7. De bebouwde omgeving	20
2.2.8. Causale mechanismen: residentiële zelfselectie en dissonantiereductie	21
2.2.9. Vertaling naar verkeers en vervoermodellen	21
2.3. Verdiepende interviews	25
2.3.1. Inzichten uit de interviews over verkeerspsychologie	25
2.3.2. Inzichten uit interviews over gedragsonderzoek	26
2.4. Synthese	27
3. Werkwijzer verbeteren modelleren mobiliteitsgedrag	29
3.1. Opzet werkwijzer	29
3.2. Basisstap toevoegen	30
3.2.1. Sociaal-demografische en economische factoren	30
3.2.2. Ruimtelijke factoren	34
3.2.3. Toegang tot vervoermiddelen	35

3.3. Verdiepen methodiek	37
3.3.1. Longitudinale trendschattingen	37
3.3.2. Gedistribueerde parameters	38
3.4. Verdiepen gedragsbepalende factoren	40
3.4.1. Life events	40
3.4.2. Attitudes	41
Referenties	44
Bijlage 1: overzicht persoons- en huishoudkenmerken	47
Bijlage 2: interviews	49
Interview Kim Ruijs	49
Interview Gerard Tertoolen	50
Interview Patricia Mokhtarian	51
Interview Kostas Goulis	54

1. Inleiding en onderzoekopzet

1.1. Aanleiding

In 2023 is de Samenwerking en Innovatie in VerkeersModellen door Overheden (SIVMO) van start gegaan. SIVMO is een samenwerking tussen tien overheidspartijen met als doel om verkeersmodellen in Nederland te blijven verbeteren zodat de modellen van de samenwerkingspartners 'state of the art', robuust, betrouwbaar, beleidsrelevant en toekomstvast zijn. Op basis van gedeelde aandacht en interesse bij de samenwerkende partijen zijn er vanuit SIVMO voor 2024 een viertal projecten geformuleerd met als doel om de huidige modellen en werkwijze te verbeteren. Het thema modelleren van het mobiliteitsgedrag is één van de vier uit te werken onderwerpen. De verwachting is bij de SIVMO-partners dat het voor toekomstige verkeersmodellen nodig zal zijn om het gedrag specifiek te modelleren. Het project zal door SIVMO gebruikt worden om te kijken in hoeverre het mobiliteitsgedrag nu al in voldoende mate wordt meegenomen in de modellen van de SIVMO-partners.

1.2. Doelstelling en afbakening onderzoek

Een studie naar state-of-the-art modelleren van het menselijke gedrag beslaat potentieel een groot en divers onderzoeksterrein uiteenlopend van gedragstheorieën (o.a. psychologisch en sociologisch) tot kennis over data bronnen en analyse mogelijkheden tot kennis over modelleermethodieken en modelgebruik (prognoses). De afbakening van de opdracht, mede in samenhang met andere lopende onderzoeken bij SIVMO, is dan ook een onderdeel van het project. De afbakening van het onderzoek is in overleg met het begeleidingsteam vanuit SIVMO gemaakt. Het gaat hier deels om een harde afbakening, punten die niet nader worden besproken in de notitie, en deels om zachtere afbakening waarbij punten meer of minder focus krijgen.

Startpunt voor de studie en afbakening is de doelstelling voor het project:

'Inzicht krijgen in het menselijke gedrag dat van invloed is op de mobiliteitskeuzen zoals het wel/niet maken van reizen, vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze en tijdstipkeuze'

De harde afbakening van het onderzoek bestaat uit:

- Het gaat om de invloed van gedrag op de mobiliteitskeuzen die onderdeel zijn van de strategische vraagmodellen. Het verkeersgedrag van mensen bestaande uit rijgedrag en routekeuze valt buiten de scope van de opdracht. De modellering van het goederenvervoer, waar menselijk gedrag ook een rol speelt, valt ook buiten de scope van deze studie.
- Bij de operationele transportmodellen wordt voornamelijk gebruik gemaakt van nutsmaximalisatie als gedragstheorie, waarbij elke consument streeft naar het maximaliseren van het individuele nut. Naast verkennende uitstapjes, zoals het LMS op basis van spijtminimalisatie, zijn er, zover wij weten, geen operationele modellen op basis van andere gedragstheorieën. Uitgangspunt voor deze studie is dan ook om te kijken hoe de gedragsmodellering verbeterd kan worden binnen het raamwerk van de nutsmaximalisatie theorie.
- Implementatie in de modellen van verbeteringen in de gedragsmodellering valt buiten de scope van dit project. Dit onderzoek is inventariserend van aard en resulteert in het agenderen van kansrijke verbeteropties voor het modelleren van gedrag in de bestaande modellen.

De belangrijkste aandachtspunten voor de studie zijn:

- **Benutten kennis uit bestaande modellen.** Het menselijke gedrag in de huidige vervoersmodellen is veelal gebaseerd op *cross-sectie data* voor een recent jaar of een beperkt aantal jaren. Binnen de huidige state-of-the-art modellen is er ruime ervaring met de (on)mogelijkheden op basis van deze cross-sectie data. Een vergelijking van de persoonskenmerken zoals meegenomen in de bestaande state-of-the-art modellen, in Nederland en daarbuiten, geeft naar ons idee een goed eerste overzicht van de persoonskenmerken die relevant zijn voor vervoersmodellen en waarvoor data beschikbaar is. Bevindingen uit de literatuur op basis van cross-sectie onderzoek worden hieraan toegevoegd. Voor de SIVMO-partners kan dit overzicht dienen ter vergelijking met de kenmerken in hun huidige modellen en als basis voor mogelijke mee te nemen kenmerken in de toekomst.
- **Bredere verkenning groepen van factoren die het mobiliteitsgedrag bepalen.** De door experts genoemde groepen van factoren die het menselijke gedrag bepalen zijn veel breder dan de factoren die meegenomen worden in de huidige verkeersmodellen. Als relevante groepen van factoren kan gedacht worden aan sociaal-demografische en economische kenmerken van personen en huishoudens, cohort effecten, life events, ruimtelijke factoren, toegang tot vervoermiddelen en attitudes (zelf selectie). In deze studie wordt er gekeken naar wat er bekend is over de invloed van deze factoren op het mobiliteitsgedrag en hoe complex het is om deze factoren mee te nemen.
- **Gedragsveranderingen door de tijd.** Een belangrijk discussiepunt bij de huidige modellen is dat er constant gedrag verondersteld wordt naar de toekomst toe (voor een persoon met dezelfde kenmerken). Dit hangt samen met de gangbare werkwijze van het schatten van de modellen op basis van cross-sectie data. In de studie verkennen we wat er methodisch (on)mogelijk zou zijn om gedragsveranderingen door de tijd beter te kunnen analyseren en vervolgens deze inzichten te gebruiken bij prognoses. In ons advies zullen we nadrukkelijk kijken wat er wel kan, het kan dan gaan om een haalbare maar vereenvoudigde werkwijze om veranderingen in het gedrag door de tijd heen te analyseren en dit aspect in de modellen mee te nemen.
- **Huidige stand gedragsmodellering** De huidige modellen in Nederland verschillen van elkaar in hoeverre factoren die het mobiliteitsgedrag verklaren al worden meegenomen. De relevantie van de voorgestelde verbeterstappen zal dan ook verschillen tussen de SIVMO-partners. Dit ondervangen we door te werken met een werkwijze voor de verbetering van de gedragsmodellering in de bestaande modellen. De stappen lopen uiteen van basisstappen, om tot het niveau van de huidige state-of-the-art modellen te komen, verdiepende stappen welke met de huidige kennis en data te onderzoeken zijn tot verbeteringen waarvoor eerst additionele data of meer methodisch onderzoek nodig is.

1.3. Onderzoeksopzet

Het **eerste deel**, zie hoofdstuk 2 in de onderzoeksopzet, bestaat uit het inventariseren wat er bekend is over groepen van factoren die het mobiliteitsgedrag bepalen. Dit doen we op basis van een literatuurverkenning, het ontsluiten van expertkennis via interviews en door een overzicht te maken welke factoren er nu al worden meegenomen in bestaande 'state-of-the-art' vraagmodellen. De literatuurverkenning en expert-interviews leveren ook informatie op over relevante aspecten die nog niet in de huidige modellen worden meegenomen. Op basis van de verzamelde informatie maken we een synthese waarin we groepen van factoren beoordelen op hun relevantie voor het verklaren van het mobiliteitsgedrag en de complexiteit, benodigde data en methodiek, om de factoren goed mee te kunnen nemen. We kijken hierbij ook expliciet in hoeverre deze factoren exogeen dan wel endogeen samenhangen met het mobiliteitsgedrag.

In het **tweede deel**, zie hoofdstuk 3 van het rapport, schetsen we op basis van de bevindingen uit de eerste stap een werkwijzer voor de verbetering van gedragsmodellering in de bestaande vraagmodellen. De meegenomen vraagmodellering in deze studie bestaat uit mobiliteitskeuzen zoals tourformatie, bestemmingskeuze en vervoerwijzenkeuzen en ondersteunende modellen die de toegang tot vervoerwijzen beschrijven. De werkwijzer bevat stapsgewijze aanbevelingen voor het verbeteren van de gedragsmodellering in vraagmodellering. Hierbij wordt er een onderscheid gemaakt naar een soort basispad, stappen die leiden tot het niveau van de huidige state-of-the-art modellen, en verdiepende stappen die veelal verder gaan de meeste bestaande modellen. De verdiepende stappen kunnen zowel bestaan uit het toevoegen van additionele verklarende factoren als uit het toepassen van vernieuwende methodieken ten opzichte van de gangbare praktijk.

De relevantie van de voorgestelde verbeterstappen kan verschillen tussen de SIVMO-partners afhankelijk van de huidige wijze van gedragsmodellering in hun vraagmodel. Waar er gesproken wordt over groepen van factoren, zoals sociaal-economische of ruimtelijke factoren, kunnen de stappen in de werkwijzer ook bijdragen aan het inzicht over specifieke relevante factoren om mee te nemen in het modelspecificatieonderzoek.

2. Wat is er bekend over mobiliteitsgedrag

Om te verkennen wat er bekend is over factoren die het mobiliteitsgedrag verklaren zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Er is gekeken naar verklarende factoren in bestaande modellen, zie 2.1
- Literatuurverkenning uitgevoerd naar factoren die het mobiliteitsgedrag verklaren, zie 2.2
- Interviews gehouden met experts op het gebied van verkeerspsychologie en mobiliteitsgedrag, zie 2.3

2.1. Bestaande modellen

Om inzicht te krijgen in de huidige stand van gedragsmodellering in bestaande state-of-the-practice modellen is een inventarisatie gemaakt welke factoren worden meegenomen in bestaande modellen om het gedrag te verklaren. Hiervoor is er gekeken naar de vraagmodellen van de SIVMO-partners en naar de vraagmodellen in een aantal andere omliggende landen/regio's. In de vergelijking zijn verschillende typen modellen meegenomen zoals modellen van het type geaggregeerd trip-based, gedesaggregeerd tour-based, micro tour-based en agent-based activity models. Op de geaggregeerde modellen na maken de andere typen modellen in de vergelijking alle gebruik van nutsmaximalisatie als onderliggende gedragstheorie. Afhankelijk van het type model verschillen de mogelijkheden om kenmerken en attitudes mee te nemen, grofweg neemt dit toe van geaggregeerd naar agent based. Bij een geaggregeerde modelstructuur vormt de modelstructuur een belemmering om veel persoonskenmerken mee te nemen, voor elke bevolkingsgroep (combinatie van kenmerken) moet er dan een eigen model gemaakt worden. Bij gedesaggregeerde en micro-modellen is in de praktijk de beschikbare data veelal de beperkende factor voor het aantal persoons- of huishoudkenmerken dat wordt meegenomen.

De verschillen tussen de modellen in de vergelijking zitten vooral in het aantal mee te nemen demografische en sociaal-economische kenmerken van personen en huishoudens, het detailniveau van deze kenmerken (bv. aantal leeftijdsklassen), het meenemen en detailniveau van ruimtelijke kenmerken en het meenemen van variabelen die de toegang tot vervoermiddelen beschrijven (bv. autobezit of elektrische fiets). Andere groepen van factoren die het gedrag kunnen bepalen zoals attitudes, life-events of zelfselectie worden niet meegenomen in de huidige operationele modellen zover wij weten. Methodisch kan de standaardpraktijk grotendeels worden samengevat als het uitvoeren van specificatie onderzoek van de vraagmodellen op basis van cross sectie enquête data naar het mobiliteitsgedrag, zoals bijvoorbeeld het ODIN in Nederland. Onder specificatie onderzoek wordt het opzetten van de modelstructuur, algoritme en te toetsen variabelen verstaan, waarbij de concept specificaties worden getoetst op statistische indicatoren zoals model fit en significantie van de verklarende variabelen. Aanvullend wordt er vaak getoetst op een evaluatiekader met daarin waarden voor de vervoerwijzeverdeling in verplaatsingen en kilometers, afstandsverdelingen per vervoerwijze en reiskosten- en reistijden-elasticiteiten.

De data over de verschillende modellen is verzameld door contact op te nemen met de modelbeheerders en/of -ontwikkelaars. Aan de deelnemers is gevraagd om een verzamelshet in te vullen met daarin mogelijke persoons- en huishoudkenmerken, ruimtelijke kenmerken en bezits- of toegangskenmerken tot vervoerwijzen. De deelnemers konden per kenmerk aangeven of het kenmerk wordt meegenomen in hun model en zo ja op welk detailniveau. Bij het detailniveau richt de vergelijking zich vooral op het onderscheid naar klassen per kenmerk waarvoor in het specificatie onderzoek verschillen in gedrag zijn geschat. Het kan hierbij zowel gaan om kenmerken welke een rol spelen in een

specifiek onderdeel in het vraagmodel, bijvoorbeeld de tourformatie modellen, als om kenmerken die in meerdere (of alle) (sub)modellen in het vraagmodel een rol spelen. In 3.2.1 wordt hier nader op ingegaan.

In de vergelijking zijn een tiental modellen meegenomen welke bij elkaar, denken wij, een goed beeld geven over de veelal meegenomen kenmerken in de huidige state-of-the-practice modellen. De meegenomen modellen zijn zowel afkomstig uit Nederland als uit het buitenland.

Uit Nederland de modellen van de SIVMO partners:

- het LMS model van RWS/Prorail, dit is een tour-based gedesaggregeerd model (opgemerkt NRM is gelijk aan het LMS).
- VMA model voor Amsterdam, dit is een tour-based gedesaggregeerd model (opgemerkt nieuwe vraagmodel VENOM voor de Metropoolregio Amsterdam is gelijk aan VMA),
- MRDH model voor de metropoolregio Rotterdam-Den Haag, dit is een trip-based zwaartekracht model
- VRU model voor de gemeente Utrecht, dit is een trip-based zwaartekracht model.
- STRAVEM model voor de provincie Utrecht, dit is een tour-based gedesaggregeerd model.
- BBMA model voor de provincie Brabant, dit is een trip-based zwaartekracht model.

Uit andere Europese landen:

- ANTONIN model voor de Ile-de-France regio in Frankrijk met daarin Parijs, dit is een multi-modaal vraagmodel van het type tour-based gedesaggregeerd.
- 4G model voor Vlaanderen met gedetailleerde versies voor de Vlaamse vervoerregio's, dit is een multi-modaal vraagmodel van het type tour-based op micro basis voor 11 miljoen Belgen.
- Nationale model voor Oostenrijk, dit is een multi-modaal vraagmodel van het type tour-based gedesaggregeerd.
- Compass model voor Kopenhagen, dit is multi-modaal vraagmodel van het type activity based micro model. Het vraagmodel is geïmplementeerd in de DaySim software voor activity based models.

Bijlage 1 bevat een overzicht van de meegenomen kenmerken in de bovenstaande modellen. Tabel 1 laat zien welke kenmerken meer en minder veelvuldig worden meegenomen in de bestaande modellen.

Tabel 1 – Overzicht van meegenomen persoons- en huishoudkenmerken in bestaande modellen

Type kenmerk	Kenmerk	Percentage van de modellen waarin variabele voorkomt	Type variabele
Huishoud-kenmerken	Huishoudinkomen	 70%	Categorieën
	Autobeschikbaarheid	 80-100% (soms persoonsniveau)	Combinatie rijbewijs/auto's in huishouden. of Aantal auto's
	Samenstelling huishouden	 60%	Categorieën op basis aantal volwassen/kinderen Enkel model ook werkers FT/PT of andere relatie personen (bv samenwonende vrienden)
	Andere kenmerken	 20%	Beschikbare (en type) parkeerplaatsen per huishouden Type woning
Persoons-kenmerken	Geslacht	 80%	Man/vrouw
	Leeftijd	 100%	Meestal per categorie, aantal cat. loopt uiteen van 2 tot 9 2 modellen hebben personen per leeftijdsjaar
	Persoonlijk inkomen	 20%-30%	Categorie en continu
	Maatschappelijke participatie	 70%	Categorie veel voorkomend werk (FT/PT), pensioen, student/school, overig niet werkzaam
	Opleidingsniveau	 30%	3 tot 5 categorieën
	Type werk	 60%	Naar sector of type arbeid
	Parkeren op werk	 20%	Privéplek en/of wel/niet betalen
	Vervoer naar werk	 20%	Auto van de zaak Gebruikelijke vervoerwijze en tijdstip aankomst op basis voormodel
Toegang tot vervoermiddel	Studentenkaart OV	 20%	Ja/nee
	Rijbewijsbezit	 50%	Ja/nee
	Fiets	0%	Aanname iedereen heeft toegang
	E-bike	 50%	Exogeen bepalen aandelen, eventueel naar persoonstypen, motief en type (e-bike/Speedpedelec)
	Scooter/brommers	0%	
	Motor	 10%	motorbezitsmodel
	Auto	 100%	Veelal via beschikbaarheid in huishouden
	OV-abonnementen	 40%	Naar type kaart/korting Opvallend zit in alle buitenlandse modellen
Ruimtelijk	Stedelijkheidsklassen	 90%	Meestal als categorie (3 tot 7 cat.) en eenmaal als continu variabele

2.2. Literatuur over mobiliteitsgedrag

2.2.1. Doel en afbakening

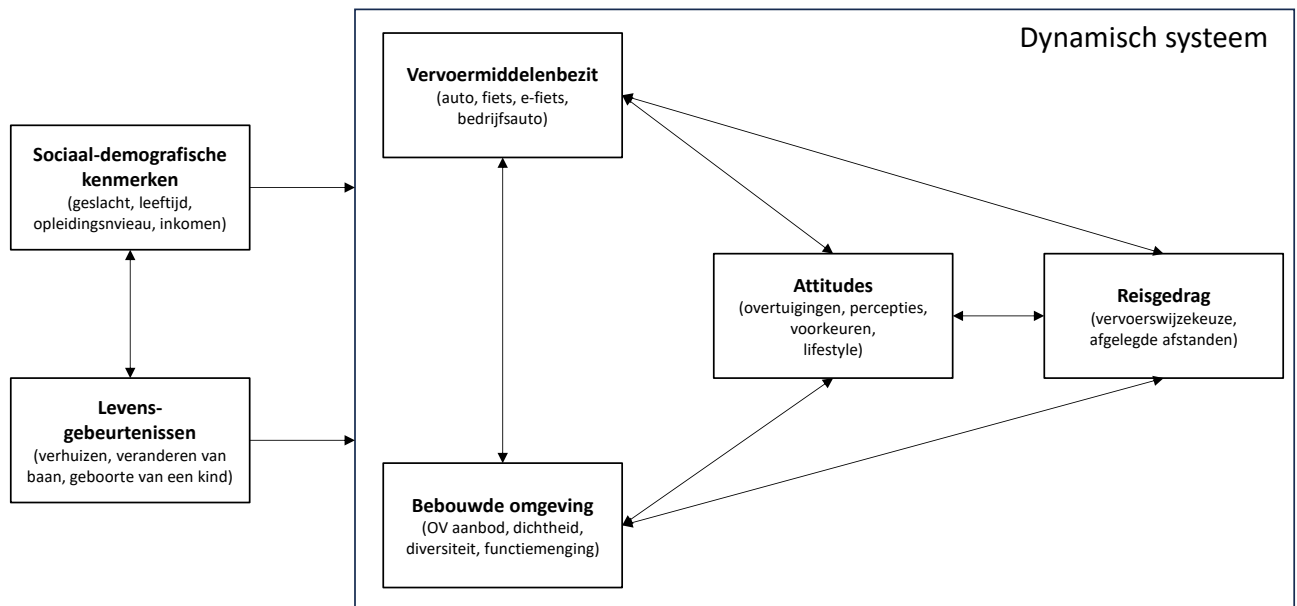
Het doel van het literatuuronderzoek is om een overzicht te geven van de factoren die reisgedrag verklaren. Met dit overzicht wordt duidelijk welke factoren relevant zijn om mogelijk te betrekken in transportmodellen. We onderscheiden de volgende factoren: sociaal-demografische en economische kenmerken, levensgebeurtenissen, vervoermiddelenbezit, de bebouwde omgeving, attitudes en reisgedrag. Om ook de onderlinge samenhang tussen de factoren duidelijk te maken, beginnen we met een conceptueel model. Vervolgens zullen we de factoren en de onderliggende mechanismen achter de veronderstelde relaties toelichten.

Na het overzicht zullen we inzoomen op twee groepen factoren, namelijk sociaal-demografische en economische kenmerken en attitudes. Voor beide groepen zullen we de voordelen en nadelen/barrières van het opnemen van deze factoren in transportmodellen benoemen en ingaan op de vraag hoe ze opgenomen kunnen worden.

2.2.2. Conceptueel model

Figuur 1 toont het conceptuele model van de verschillende groepen van factoren. De conceptualisatie is geïnspireerd op gangbare conceptualisaties in de literatuur en recente empirische studies. Daarnaast focust de conceptualisatie op factoren die op persoonsniveau variëren, niet op kenmerken van vervoerwijzen (tijd, kosten) welke uiteraard ook (zeer) belangrijk zijn in de verklaring van reisgedrag.

In de verklaring van reisgedrag kunnen sociaal-demografische en economische kenmerken en levensgebeurtenissen als exogene factoren beschouwd worden. Dit betekent dat deze factoren van invloed zijn op reisgedrag, en dat effecten andersom niet aanwezig zijn en/of verwaarloosbaar klein. Sociaal-demografische en economische kenmerken en levensgebeurtenissen kunnen reisgedrag direct beïnvloeden of via één van de factoren binnen het kader 'dynamisch systeem'. De factoren in het kader 'dynamisch systeem' beïnvloeden ook reisgedrag, maar deze factoren zijn tot verschillende hoogte endogeen aan reisgedrag. Dit betekent dat effecten in omgekeerde richting ook waarschijnlijk zijn. Voor de factoren binnen het 'dynamisch systeem' gaan we er dus vanuit dat deze elkaar wederzijds over de tijd kunnen beïnvloeden; deze factoren vormen samen met reisgedrag dus een dynamisch systeem. Daarnaast is het mogelijk dat de factoren elkaar onderling (in beide richtingen) beïnvloeden. Om een voorbeeld te geven: in de literatuur wordt vaak verondersteld dat attitudes van invloed zijn op de keuze van woonomgeving, hetgeen wordt aangeduid als residentiële zelfselectie, maar voortdurende blootstelling aan een bepaalde woonomgeving bepaalt ook onze attitudes (Kroesen, 2019). Hieronder zullen we de verschillende groepen van factoren afdelen en ingaan op bestaand empirisch bewijs.



Figuur 1 - Conceptualisatie van de factoren die reisgedrag bepalen

2.2.3. Sociaal-demografische en economische kenmerken

Voor deze groep van factoren hanteren we een brede definitie, waarbij we niet alleen kijken naar demografische kenmerken (geslacht, leeftijd, opleidingsniveau, migratieachtergrond), maar ook naar economische kenmerken zoals inkomen. Ten aanzien van de meeste van deze factoren is in de literatuur sterke consensus over de respectievelijke invloeden op reisgedrag. Zo reizen mannen gemiddeld meer met de auto dan vrouwen (Kattiyapornpong & Miller, 2009). In Nederland is deze kloof kleiner geworden in de periode 2010-2019 maar bestaat er nog steeds een groot verschil (Kroesen & Van Wee, 2021). Zo reisden mannen in 2019 gemiddeld 34 km per dag met de auto, terwijl vrouwen gemiddeld 'slechts' 18 kilometer per dag aflegden (Kroesen & Van Wee, 2021). De relatie tussen leeftijd en reisgedrag volgt een omgekeerde U-vorm, waarbij jongeren en ouderen over het algemeen minder reizen en minder met de auto dan mensen van middelbare leeftijd (Kroesen, 2017). Opleidingsniveau en inkomen hebben sterke positieve relaties met de totaal afgelegde afstand en autogebruik (Kroesen & Van Wee, 2021). Meer theoretisch opgeleiden gebruiken gemiddeld ook vaker de trein en de fiets (Kroesen & Van Wee, 2021). Mensen met een (niet-Westerse) migratieachtergrond daarentegen gebruiken juist minder vaak de fiets (Haustein et al., 2020).

Over het algemeen hebben sociaal-demografische en economische kenmerken significante relaties met reisgedrag. Een substantieel deel van de variatie (15-25%) in reisgedrag kan worden toegeschreven worden aan deze kenmerken.

2.2.4. Levensgebeurtenissen ('life events')

Het paper van Lanzendorf (2003) staat aan de basis van onderzoek naar de invloed van levensgebeurtenissen op reisgedrag. Lanzendorf (2003) introduceerde de zogenaamde 'mobiliteitsbiografie' benadering. Dit perspectief gaat ervan uit dat reisgedrag relatief stabiel is door het bestaan van reisgewoonten, maar dat belangrijke levensgebeurtenissen zoals de geboorte van een kind, een verhuizing of verandering van baan fungeren als triggers ('windows of opportunity') die kunnen leiden tot reflectie op de bestaande reispatronen en vervolgens gedragsverandering (Lanzendorf, 2003). Sinds de introductie van deze benadering zijn er veel studies verschenen die de

invloed van verschillende levensgebeurtenissen op reisgedrag empirisch hebben getracht vast te stellen (Müggenburg et al., 2015).

Voor sommigen van deze levensgebeurtenissen zijn de effecten eenduidig en maatschappelijke gezien minder wenselijk. Zo laten studies consistent zien dat de geboorte van een kind leidt tot meer autobezit (Oakil et al., 2016) en autogebruik (De Haas et al., 2018). Het effect van een verhuizing is minder eenduidig. De Haas et al. (2018) laten zien dat deze gebeurtenis door sommigen wordt aangegrepen om een transitie te maken naar een duurzamer reispatroon, terwijl anderen juist meer gebruik gaan maken van de auto. Het onderzoek van De Vos et al. (2018) suggereert dat de woonlocatiekeuze hierin een belangrijke modererende rol speelt. Dit onderzoek laat zien dat mensen die verhuizen van een suburbane naar urbane omgeving geneigd zijn om meer de fiets en het openbaar vervoer te gebruiken. Ook in het nieuwe Nederlandse autobezits- en gebruiksmodel SPARK zijn de effecten van life-events meegenomen. Deze gedragsfuncties zijn geschat op historische microdata van CBS. Ook hier leidt de geboorte van een kind of de toename van het aantal werkende volwassenen in een huishouden tot een hoger autobezit, en leidt dat laatste ook tot meer autogebruik (Significance 2023).

Een recente systematische review van dit onderzoeksgebied is niet beschikbaar (de laatste review betreft de studie van Van Müggenburg et al. in 2015). Daarnaast is binnen dit onderzoeksgebied nog weinig aandacht voor de theoretische mechanismen die verklarend zijn voor de geobserveerde gedragseffecten (Scheiner, 2018). Empirisch onderzoek naar de invloeden van levensgebeurtenissen staat grotendeels nog in de kinderschoenen. Hoewel studies significante effecten laten zien, zijn de richtingen van de effecten niet eenduidig. Omdat levensgebeurtenissen zich maar beperkt voordoen is de verklarende kracht van deze groep van factoren beperkt.

2.2.5. Vervoermiddelenbezit

Wat betreft het bezit van vervoermiddelen heeft autobezit uiteraard een sterk positief effect op het gebruik van de auto en negatieve effecten op het gebruik van andere vervoerwijzen (fiets en openbaar vervoer) (Kroesen, 2017). De effecten van relatief nieuwe vervoerwijzen, denk aan de elektrische fiets, zijn minder eenduidig. Initieel onderzoek op dit gebied heeft laten zien dat de elektrische fiets vooral door ouderen wordt gebruikt en vooral de traditionele fiets vervangt (Kroesen, 2017). Meer recent onderzoek laat echter een sterke opkomst zien van nieuwe gebruikersgroepen die bestaan uit jongeren en mensen van middelbare leeftijd die de elektrische fiets ook gebruiken om de auto te vervangen met name voor woon-werk verkeer (De Haas et al., 2022). Aangezien het bezit van de elektrische fiets ook in komende jaren zal toenemen (in 2022 was 57% van de nieuw verkochte fietsen een elektrische fiets, BOVAG, 2023), is het belangrijk om de effecten van deze vervoerwijze op reisgedrag te blijven monitoren.

Het bezit van vervoerwijzen correleert sterk met reisgedrag, maar is ook sterk endogeen aan reisgedrag. In een structureel vergelijkingsmodel op basis van OViN data (2013-2015) vond Kroesen (2017) gestandaardiseerde effecten (correlaties gecontroleerd voor andere factoren) van respectievelijk 0.284 en 0.245 tussen fiets- en autobezit en fiets- en autogebruik. Deze groep van factoren heeft dus een grote verklarende kracht. Echter, mensen met bepaalde mobiliteitsbehoeften zullen hun keuzen ten aanzien van vervoermiddelenbezit hier ook op afstemmen. Dus deze verklarende kracht gaat gepaard met een bepaalde mate van endogeniteit.

2.2.6. (Veranderingen in) attitudes

Ook voor het begrip 'attitudes' hanteren we een brede definitie, te weten alle psychologische factoren die mogelijk verklarend zijn voor reisgedrag, denk aan overtuigingen, percepties, voorkeuren, gewoontes en lifestyle-factoren. Onderzoek naar de invloed van attitudes op reisgedrag kent zijn oorsprong in de jaren '70 en heeft dus een lange

historie. In het begin richtte onderzoek zich op de vraag onder welke omstandigheden attitudes verklarend zijn voor gedrag, pas later verschoof de aandacht naar welke specifieke psychologische factoren een rol spelen (Kroesen et al., 2017). De zogenaamde Theorie of Planned Behaviour bracht verschillende factoren samen en is in veel studies succesvol gebleken in de verklaring van reisgedrag (Bamberg et al., 2003). Deze theorie veronderstelt dat vier factoren verklarend zijn voor reisgedrag: reisvoorkeuren, sociale normen, gepercipieerde gedragscontrole en gedragsintenties (Ajzen, 1991). Meer recent zijn ook andere theorieën voorgesteld die meer focussen op gedragsverandering, zoals het Capability, Opportunity, and Motivation-Behavior (COM-B) raamwerk (Michie et al., 2011). Deze theorie is nog niet uitgebreid toegepast op reisgedrag.

Hoewel attitudes typisch gezien worden als onveranderlijke factoren die een stabiele invloed uitoefenen op reisgedrag, is binnen mobiliteitsonderzoek steeds meer aandacht voor *veranderingen in attitudes*. Deze veranderingen kunnen tot stand komen door individuele processen of door maatschappelijke trends. Een voorbeeld van een individueel proces betreft het onderzoek van Kroesen et al. (2017) dat laat zien dat reisgedrag zelf ook bepalend is voor reisvoorkeuren; mensen die meer gebruik maken van een bepaalde vervoerwijze ontwikkelen ook meer positieve percepties ten aanzien van de betreffende vervoerwijze. Wat betreft relevante maatschappelijke trends kunnen ten minste drie trends worden onderscheiden waar onderzoek naar is gedaan: (1) de veranderende attitude van jongvolwassenen ten aanzien van de auto, waarbij de auto minder als statussymbool wordt gezien (zie bijvoorbeeld Zhou & Wang, 2019), (2) de veranderende attitude ten aanzien van vliegen (vliedschaamte) (Gössling et al., 2020) en (3) de veranderende attitude ten aanzien van thuiswerken als gevolg van COVID-19 (Kroesen et al., 2023). Daarnaast is binnen mobiliteitsonderzoek recent veel aandacht voor de effecten van reisgedrag op reistevredenheid, wat consistent laat zien dat mensen die gebruik maken van actieve vervoerwijzen (lopen en fiets) het meest gelukkig zijn met hun reisgedrag vergeleken met auto- en openbaar vervoer gebruikers (Lades et al., 2020). Of er ook sprake is van maatschappelijke trends in de mate van ervaren fietsgeluk en/of autoschaamte is voor zover wij weten nog niet onderzocht.

Net als het bezit van vervoerwijzen correleren attitudes sterk met reisgedrag. Toepassingen van Theorie of Planned Behaviour laten zien dat zo'n 40-50% van de variatie in reisgedrag kan worden toegeschreven aan psychologische factoren. De prijs van deze hoge verklaringskracht is dat (net als vervoermiddelbezit) attitudes sterk endogeen zijn aan reisgedrag.

2.2.7. De bebouwde omgeving

Vergeleken met onderzoek naar attitudes kent onderzoek naar de rol van de bebouwde omgeving in de verklaring van reisgedrag een iets minder lange historie. Het paper van Cervero & Kockelma (1997) is één van de eerste studies die deze onderzoekslijn binnen transportonderzoek heeft geïnitieerd. Zij lieten zien hoe variaties in reisgedrag herleid kunnen worden tot verschillende ruimtelijke dimensies (de zogenaamde 3D's: density, diversity en design). De primaire notie achter dit type onderzoek is dat in meer stedelijke / gemengde / compacte woonomgevingen de afstanden tussen activiteitenlocaties gemiddeld kleiner zullen zijn, wat leidt tot een hoger gebruik van actieve vervoerwijzen (fietsen en lopen). Daarnaast kan in meer stedelijke / gemengde / compacte woonomgevingen makkelijker een (rendabel) hoogwaardig openbaar vervoer (OV) aanbod gerealiseerd worden, wat zorgt voor hoger OV gebruik. Deze onderzoekslijn heeft geresulteerd in tal van studies en meta-studies.

Hoewel studies laten zien dat de bebouwde omgeving significant correleert met reisgedrag, zijn de gevonden effecten doorgaans niet bijzonder sterk (kleiner dan de effecten van sociaal-demografische kenmerken). Een tweede belangrijke beperking van onderzoek naar de bebouwde omgeving is dat de gevonden effecten deels weg verklaard kunnen worden aan attitudes. Mensen met bepaalde reisvoorkeuren zullen een woonomgeving selecteren die hen inderdaad in staat stelt om op de gewenste manier te reizen. Dit mechanisme wordt residentiële zelfselectie genoemd. Reizigers die

bijvoorbeeld graag met de trein reizen, zullen besluiten dicht bij een station te gaan wonen. De geobserveerde positieve associatie tussen de afstand tot het station en de frequentie van reizen met de trein is dan niet het gevolg van een causaal effect van de nabijheid van het station, maar van de onderliggende attitude die zowel de woonlocatiekeuze als het reisgedrag bepaalt. In empirische studies wordt hiermee rekening gehouden door attitudes additioneel in de modellen op te nemen. In lijn met de hypothese van residentiële zelfselectie leidt dit er inderdaad toe dat de effecten van de bebouwde omgeving kleiner worden (ofschoon nog steeds wel significant).

2.2.8. Causale mechanismen: residentiële zelfselectie en dissonantiereductie

In het model wordt verondersteld dat vervoermiddelenbezit, de bebouwde omgeving, attitudes en reisgedrag elkaar onderling kunnen beïnvloeden en zodoende een dynamisch systeem vormen. In deze paragraaf zullen we ingaan op de veronderstelde mechanismen die onderliggend zijn aan deze (wederkerige) relaties.

Zoals in de paragraaf hiervoor is aangegeven wordt het effect van attitudes op de bebouwde omgeving doorgaans aangeduid als residentiële zelfselectie. Hoewel zelfselectie dus gedreven kan zijn door attitudes, kan dit uiteraard ook plaatsvinden op basis van sociaal-demografische en economische kenmerken, vervoermiddelenbezit, en reisgedrag zelf. Mensen/huishoudens die meerdere auto's bezitten zullen (los van attitudes) waarschijnlijk eerder voor een suburbane woonomgeving kiezen. Voor alle relaties die de bebouwde omgeving in komen vormt zelfselectie dus het causale mechanisme. Een tweede belangrijke mechanisme is dissonantiereductie. Reisvoorkeuren beïnvloeden niet alleen de woonlocatiekeuze, maar de woonomgeving beïnvloed omgekeerd ook de reisvoorkeur (omgekeerde causaliteit). Mensen die bijvoorbeeld dicht bij een treinstation wonen ontwikkelen op den duur sterkere voorkeuren voor reizen met de trein (Kroesen, 2019). Mensen lijnen dus hun attitudes op met de feitelijk woonomgeving, wat gezien kan worden als vorm van dissonantiereductie. Dit mechanisme is ook leidend in de relatie tussen gedrag en attitude, waarbij dissonantie wordt gereduceerd door of het gedrag aan te passen of de attitude. Als gevolg van zelfselectie en dissonantiereductie kan theoretisch verwacht worden dat alle onderscheiden factoren (vervoermiddelenbezit, de bebouwde omgeving, attitudes en reisgedrag) elkaar wederzijds beïnvloeden, waardoor er dus sprake is van een dynamisch systeem, zonder eenzijdige oorzaak-gevolg relaties.

2.2.9. Vertaling naar verkeers en vervoermodellen

Nu er een compleet overzicht is van factoren die reisgedrag beïnvloeden zullen we in deze laatste paragraaf inzoomen op de voor- en nadelen van het opnemen van twee groepen factoren in verkeersmodellen, te weten sociaal-demografische en economische kenmerken en attitudes. Sociaal-demografische en economische kenmerken zijn specifiek interessant omdat ze exogeen zijn aan gedrag en attitudes omdat ze relatief gezien de grootste verklarende kracht hebben.

De voor- en nadelen van het opnemen van sociaal-demografische en economische kenmerken in verkeers en vervoermodellen

Het voornaamste voordeel van het opnemen van sociaal-demografische en economische kenmerken in verkeers en vervoermodellen is dat deze variabelen werkelijk exogeen zijn aan reisgedrag. Dit betekent dat om de effecten op reisgedrag vast te stellen grotendeels volstaan kan worden met cross-sectionele data (panel data zijn minder noodzakelijk). Een tweede voordeel is dat de effecten van sociaal-demografische en economische kenmerken al uitgebreid zijn vastgesteld in empirisch onderzoek. Er is dus duidelijk bewijs dat ze reisgedrag beïnvloeden en de wijze waarop (dus welke variabelen welke effecten hebben) bestaat ook een goed beeld. Een derde voordeel is deze kenmerken relatief makkelijk, betrouwbaar en valide op grote schaal gemeten kunnen worden. Tot slot, een laatste

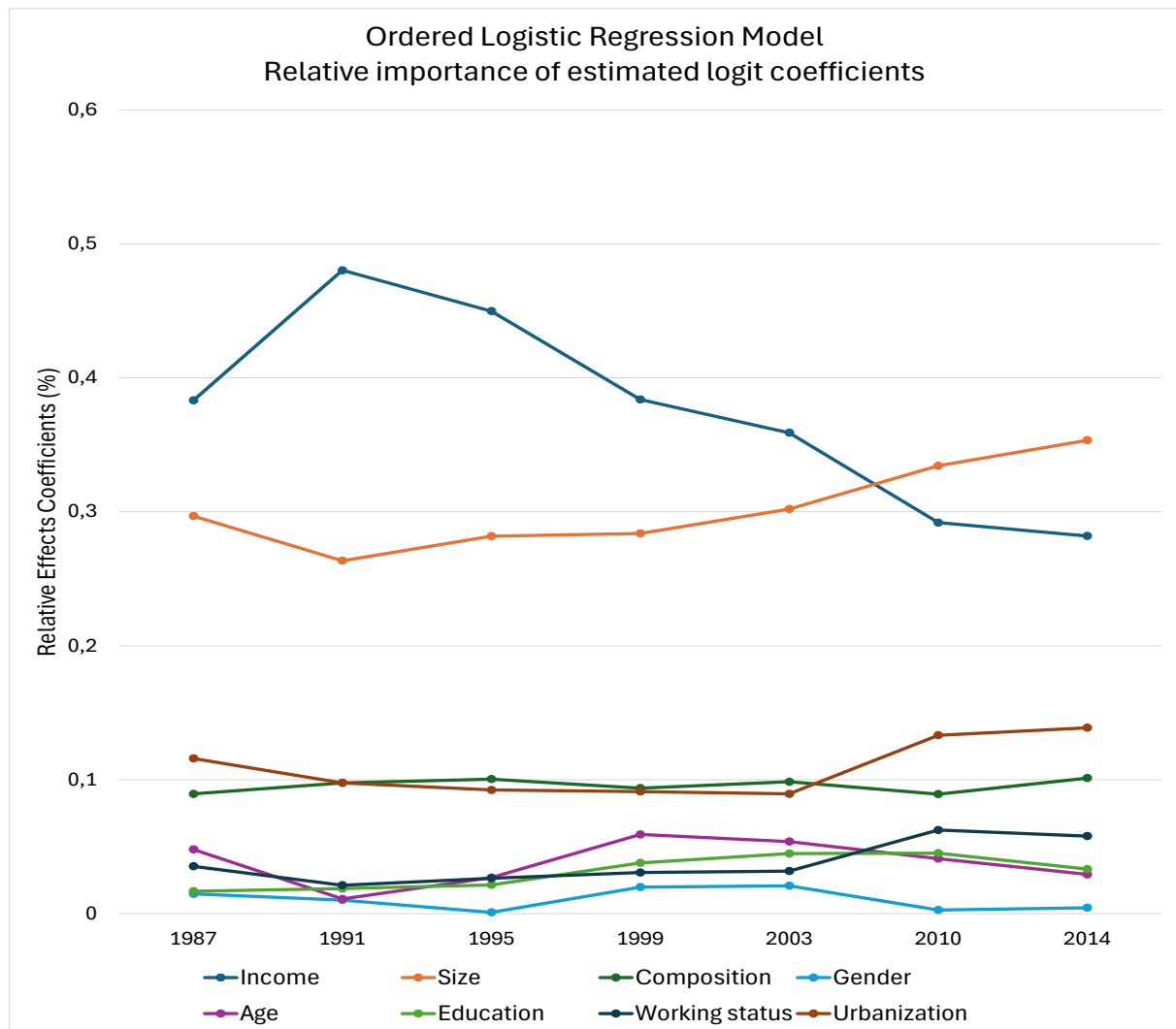
voordeel is dat de ontwikkelingen/trends in sociaal-demografische en economische kenmerken relatief goed voorspeld kunnen worden. Op basis van demografisch onderzoek kan accuraat voorspeld worden hoe de samenstelling van de bevolking er in de toekomst uit zal zien. Dit maakt het dus goed mogelijk om de effecten van veranderingen in de compositie van de bevolking in verkeersmodellen te verkennen.

Het voornaamste nadeel van sociaal-demografische en economische kenmerken is dat de voorspellende kracht van deze groep van factoren gemiddeld is, in vergelijking met andere factoren, bij het verklaren van de variantie in het bestaande gedrag. Een groot deel van de variantie in reisgedrag valt (nog) niet te verklaren op basis van exogene factoren. In de verklaring van het gebruik van verschillende vervoerswijzen lagen de proporties verklaarde variantie tussen 0,3% (voor fietsgebruik) en 16,6% (voor autogebruik) (Kroesen & van Wee, 2021). In deze studies waren slechts een beperkt aantal factoren (geslacht, leeftijd, opleidingsniveau en inkomen) opgenomen en werden er alleen lineaire effecten geschat. Het meenemen van sociaal-demografische en economische factoren is ook van belang voor het maken van prognoses, hierbij zijn vooral factoren van belang die door de tijd veranderen en waarvoor redelijk goed scenariowaarden vallen op te stellen. Bij de sociaal-demografische en economische variabelen gaat het hierbij zowel om omvang van de gehele groep, het aantal mensen, als om de samenstelling. Het opnemen van dergelijke factoren in verkeersmodellen zal tot substantiële verbeteringen kunnen leiden van de voorspellingen.

Naast een invloed op het voorspelde vervoerwijzegebruik heeft het opnemen van sociaal-demografische kenmerken ook een invloed op de reiskosten en reistijden elasticiteiten. Een verkennend onderzoek waarbij het LMS stapsgewijs is opgebouwd en getoetst, zie Zondag et al. (2022), laat zien dat het toevoegen van de sociaal-demografische en economische kenmerken vooral ook belangrijk is om de reistijden en reiskosten elasticiteiten beter te kunnen schatten. Na toevoeging van de sociaal-demografische en economische factoren viel de geschatte gevoeligheid van het model voor veranderingen in de reistijden of reiskosten beter binnen de verwachte brandbreedte op basis van de literatuur. Zonder deze factoren waren vooral de reistijden elasticiteiten van het model erg hoog.

Een tweede nadeel is dat, indien parameters geschat zijn aan de hand van cross-sectionele data, de assumptie moet worden gemaakt dat deze parameters constant blijven in de toekomst. Deze aanname is waarschijnlijk niet houdbaar. Zo kan bijvoorbeeld verwacht worden dat het effect van leeftijd in de toekomst zal veranderen: ouderen zullen naar verwachting actiever zijn en meer blijven reizen dan vroeger.

Een manier om dit tweede nadeel te ondervangen is door de effecten van de sociaal-demografische en economische kenmerken over meerdere jaren te schatten en zodoende de trends in de parameters bloot te leggen. Dit kan aan de hand van herhaalde (repeated) cross-sectionele surveys (dus dit hoeft niet per se panel data te zijn). Een voorbeeld hiervan is de studie van Matha et al. (2017). Deze auteurs combineerden OVG, MON en OViN data om autobezit met sociaal-demografische en economische kenmerken te voorspellen over de periode 1984-2014. Door het plotten van de paramaterschattingen over de jaren heen (zie Figuur 2) werd duidelijk dat het belang van huishoudgrootte (size) in de verklaring van autobezit toenam terwijl dat van inkomen (income) afnam. Een verklaring voor dit effect is dat de auto over de beschouwde periode voor meer huishoudens betaalbaar is geworden. Daarmee werd de grootte van het huishouden meer leidend voor de keuze voor de auto.



Figuur 2. Relatief belang van de geschatte logit coëfficiënten over de jaren 1987-2014

Aan de hand van de resultaten van dergelijke studies zouden de geobserveerde trends in coëfficiënten van huishoudgrootte en inkomen doorgetrokken kunnen worden (in een bepaald scenario). Desalniettemin zal er veel onzekerheid blijven, de gevonden trends in de parameters kunnen bijvoorbeeld ook afvlakken.

De voor- en nadelen van het opnemen van attitudes in verkeersmodellen

Er kunnen tenminste drie voordelen worden onderscheiden van het opnemen van attitudes in verkeersmodellen. Ten eerste, er is overtuigend bewijs is dat attitudes relevant zijn in de verklaring van (reis)gedrag. Zoals hierboven aangegeven, blijkt dit uit verschillende psychologische theorieën alsook talrijke empirische studies. Een direct gevolg hiervan is dat het opnemen van attitudes in modellen zal leiden tot meer valide en accurate voorspellingen van mobiliteitsgedrag.

Met de toenemende complexiteit van de samenleving, kan ook beargumenteerd worden dat attitudes in toenemende mate relevant worden voor de verklaring van gedrag. Niet de traditionele objectieve kenmerken zoals geslacht of

leeftijd bepalen hoe we ons gedragen, maar onze identiteit(en) en waarden. Dit zijn subjectieve constructen die we zelf ook actief vormgeven.

Als laatst kan het niet opnemen van attitudes ervoor zorgen dat we de effecten van andere variabelen op reisgedrag verkeerd inschatten. In het geval dat attitudes samenhangen met andere persoonskenmerken die gedrag verklaren, zal het niet opnemen van de attitudes kunnen leiden tot vertekende parameterschattingen van de effecten van dergelijke persoonskenmerken.

Er zijn ook duidelijke argumenten tegen het opnemen van attitudes in modellen. Ten eerste kost het uitvragen van attitudes meer tijd en moeite. Het vergt ook speciale technieken om attitudes betrouwbaar en valide te meten (factor analytische technieken).

Ten tweede zijn attitudes endogeen aan gedrag. Attitudes beïnvloeden gedrag, maar andersom beïnvloedt gedrag ook onze attitudes. Zoals hierboven genoemd laten panel studies zien dat dit 'omgekeerde effect' minstens zo groot is, zo niet groter, dan het effect van attitudes op gedrag. Zonder rekening te houden met deze wederkerigheid, bestaat het risico dat we het effect van attitudes op gedrag overschatten. Als we in de context van een cross-sectionele studie de correlatie tussen een attitude en gedragsvariabele uitsluitend interpreteren als het causale effect van attitude op gedrag, miskennen we het gegeven dat een deel van de correlatie het gevolg is van een omgekeerd causaal effect.

Een derde reden is dat attitudes ook autonoom veranderen over de tijd. Voor een toekomstprognose moet dus of de aanname gedaan worden dat betreffende attitudes stabiel zijn, of er moet duidelijk inzicht zijn in de bestaande trends in de attitudes zodat deze kan worden geëxtrapoleerd naar de toekomst. In tegenstelling tot de sociaal-demografische factoren, waarvan vrij duidelijk is welke trends er zijn, geldt dat voor attitudes veel minder.

Voor deze redenen tegen het opnemen van attitudes in modellen kunnen ook weer tegenargumenten worden aangedragen. Het feit dat het lastig is om attitudes te meten, is uiteindelijk geen sterke reden om het niet te doen. We vragen immers ook op grote schaal veel andere (objectieve) persoonskenmerken uit. Onderzoek heeft ook aangetoond dat het uitvragen van subjectieve meningen tot een hogere respons kan leiden (mensen voelen zich gehoord). Daarnaast zijn er in toenemende mate technieken beschikbaar om relatief snel attitudes te meten (bijvoorbeeld via smartphones).

Het feit dat attitudes en gedrag elkaar wederzijds beïnvloeden, maakt de rol van attitudes in de verklaring van gedrag wellicht minder groot dan eerder gedacht, maar niet irrelevant. Panel studies kunnen helpen om de effecten in beide richtingen te ontrafelen. Gegeven dat panel data in toenemende mate beschikbaar zijn (denk aan het mobiliteitspanel Nederland) maakt het ook mogelijk om dergelijke studies uit te voeren. Het gebruik van pseudo-panel data -waarbij cohorten gemaakt aan de hand van repeated cross-sectie metingen- is ook een mogelijkheid. Pseudo panel data maakt het mogelijk om niet-waargenomen heterogeniteit te controleren door gebruik te maken van 'fixed effects' binnen cohorten. Dit helpt om de effecten van interesse te isoleren door te controleren voor kenmerken die binnen een cohort constant zijn (maar tussen cohorten variëren). Deze methode helpt dus om te voldoen aan de isolatievoorwaarde van causaliteit, namelijk dat het effect gecontroleerd is voor mogelijke derde variabelen, maar helpt niet om te voldoen aan het tijdsvolgorde criterium, dat de oorzaak in tijd vooraf aan het gevolg. Om aan deze laatste voorwaarde te voldoen is het noodzakelijk dat dezelfde individuen zijn gemeten over de tijd (dus echte panel data). Als laatst vormt het feit dat attitudes ook autonoom kunnen veranderen een complicatie voor het gebruik in toekomstprognoses, maar uiteindelijk zijn prognoses altijd gebaseerd op verschillende aannames (en dus sowieso al niet perfect). Het punt blijft dat de extra informatie over attitudes de voorspellende kracht van modellen kan vergroten. Daarnaast kan gewerkt worden met verschillende scenario's ten aanzien van de ontwikkeling van relevante attitudes. Het kan in dat opzicht leiden tot beter begrip hoe gedrag in de toekomst zou kunnen veranderen.

Al met al heeft het opnemen van attitudes in verkeersmodellen voordelen, maar zitten hier ook haken en ogen aan. Deze argumenten ‘tegen’ zijn echter ook weer te ondervangen.

2.3. Verdiepende interviews

In aanvulling op de literatuurstudie zijn een viertal verdiepende interviews gehouden met als doel om ons beeld te verbreden dan wel te verdiepen. De geïnterviewde personen zijn:

- Kim Ruijs, psycholoog met als specialisatie gedragsverandering, zij is werkzaam bij de provincie Utrecht op het thema van stimulering van het fietsgebruik in Utrecht.
- Gerard Tertoolen, gepromoveerde psycholoog op het gebied van mobiliteit en psychologie, hij is werkzaam voor adviesbureau XTNT in combinatie met een eigen bedrijf.
- Patricia Mokhtarian, hoogleraar aan de Georgia Institute of Technology (VS) op het gebied van mobiliteitsgedrag. Zij is een internationaal toonaangevende onderzoekster op het terrein van attitudes als verklarende factor voor mobiliteitsgedrag.
- Kostas Goulias, hoogleraar Transport aan de University of California in Santa Barbara (VS). Hij heeft veel ervaring met de ontwikkeling van transportmodellen en het gebruik van longitudinale data.

Bij de eerste twee interviews is vooral ingegaan op de vraag hoe psychologische inzichten over het mobiliteitsgedrag vanuit de praktijk en wetenschap zich verhouden tot wijze van gedragsmodellering in de modellen. In de interviews met Patricia en Kostas is ingegaan op de relevantie van groepen van factoren die het mobiliteitsgedrag kunnen bepalen, de stand van het onderzoek op deze terreinen en de mogelijkheden om deze factoren mee te nemen in de vraagmodellen.

In Bijlage 2 is van alle vier de interviews een gespreksverslag te vinden. In de tekst hieronder vatten we een aantal bevindingen uit de interviews samen, in 2.3.1 inzichten uit de verkeerspsychologie en in 2.3.2 inzichten uit gedragsonderzoek.

2.3.1. Inzichten uit de interviews over verkeerspsychologie

Een belangrijk onderdeel van het verkeerspsychologisch onderzoek is het definiëren van de relevante doelgroepen bij de geformuleerde strategische opgave (bv. meer mensen laten fietsen). Het type doelgroepen dat veel gebruikt wordt komt redelijk goed overeen met de veel gebruikte persoonskenmerken in gedesaggregeerde vraagmodellen zoals kinderen, studenten, forensen of ouderen. Aanvullend als relevante doelgroep met een ander gedrag worden ook niet westerse migranten genoemd. Andere aspecten die mogelijk worden meegenomen bij de selectie zijn het type gebied en de mobiliteitspatronen (bv. op basis Floating Car Data). Het werken met leefstijlen/mobiliteitsstijlen, zoals kosmopolieten of conservatieven, in plaats van sociaal-economische en demografische kenmerken voegt in de praktijk volgens de geïnterviewden weinig toe. Zo zijn meestal sociaal-economische en demografische kenmerken nodig om de toekomstige ontwikkeling in de leefstijlen te schetsen. Daarnaast zijn er zorgen dat dergelijke stijlen in de praktijk soms erg instabiel zijn en afhankelijk van het moment van meting. De communicatiekracht van dergelijke stijlen wordt wel herkend.

Om het gedrag van doelgroepen te onderzoeken wordt veelal gebruikgemaakt van vragenlijsten, waarbij er naast aandacht voor het huidige reisgedrag ook aandacht is voor de motieven van respondenten en de barrières tegen

verandering bij de respondenten. De vragen naar sociaal-economische en demografische kenmerken van de respondenten vormen hier maar een zeer beperkt deel van de vragenlijst en de focus van de gebruikte vragenlijsten ligt meer op het verkrijgen van inzicht in de attitudes, de sociale context en eerdere ervaringen van de respondenten met verschillende reisoptyes (nooit gebruikt, een paar keer, veelvuldig).

In de daaropvolgende fase gaan de aanpak vanuit de verkeerspsychologie en de vraagmodellen sterk uit elkaar lopen. Het psychologisch onderzoek richt zich in het vervolg meer op individuele respondenten met als doel om de persoonlijke motieven en barrières beter te doorgronden. Zo kunnen mensen bijvoorbeeld een sterk verschillende kijk hebben op de beschikbaarheid van infrastructuuroptyes waarbij de 'kenmerken' in de modellen gelijk zijn zoals een station op 5 minuten lopen. De verdiepende interviews richten zich op deze persoonlijke situatie en beleving, zo kan iemand gezondheidsbeperking hebben, het station of route kunnen onveilig aanvoelen of iemand is er nog nooit geweest. Het motto vanuit de verkeerspsychologie is dan ook hoe kleiner hoe beter. Dit individueel gerichte en verdiepende onderzoek staat redelijk in contrast met het gedragsonderzoek voor de vraagmodellen waarbij er juist gezocht wordt naar statistisch significante factoren die voor een grotere groep gelden en waarbij de theorie alle andere aspecten als niet waargenomen variatie meeneemt.

Naast de meer algemene verschillen zijn er een aantal specifieke bevindingen uit het verkeerspsychologisch onderzoek die van belang zijn voor verbetering van het gedrag in de modellen en/of de interpretatie van de uitkomsten:

- Meer rekening houden met de sociale context, sociale beïnvloeding is een belangrijke factor die ervoor kan zorgen dat bij een verandering/transitie het gedrag zich eerst langzaam, voor een kleine groep mensen, aanpast en na dat na de eerste groep (bv. eerste 20%) om is het opeens veel sneller kan gaan. Mogelijk kan dit aspect mede verklaren waarom bepaalde gebieden in gedrag verder uit elkaar lopen dan op basis van de meegenomen kenmerken in vraagmodellen wordt verwacht.
- Inertia of gewoontegedrag werd ook veelvuldig genoemd als belangrijk om hier meer grip op te krijgen. In de modellen kan deze factor ook een rol spelen in de te verwachten veranderingen op de kortere en de langere termijn. Als gekeken wordt naar de rol van reiservaringen bij het maken van mobiliteitskeuzen dan komt er nadrukkelijk een groep captives naar voren die geen andere reisoptyes overwegen. Inzicht op basis van verkeerspsychologisch onderzoek is dat er zowel captives zijn voor de auto, OV als de fiets. Beter grip krijgen op deze groep kan de verklaringskracht van de modellen verbeteren.
- Attitudes hebben een sterke wederkerige relatie met het mobiliteitsgedrag. Toch blijken attitudes, zoals bijvoorbeeld milieubewustzijn, in de praktijk vaak maar een matige voorspeller voor de mogelijkheden om het gedrag te veranderen, zoals minder reizen met de auto of vliegtuig. Aanvullend onderzoek/vragen naar de actiebereidheid van mensen kan dit wel iets verbeteren. Een ander issue met attitudes is dat deze vaak minder tijdsbestendig zijn dan gehoopt.

2.3.2. Inzichten uit interviews over gedragsonderzoek

Uit beide interviews met de professoren komt hetzelfde beeld naar voren: het conceptuele model van de verschillende groepen van factoren die het reisgedrag verklaren (zoals gepresenteerd in Figuur 1) wordt onderschreven. Zij bevestigen dat het meenemen van sociaal-demografische verklarende variabelen bij transportmodellen belangrijk is: deze factoren verklaren een deel van het gedrag en dit moet je meenemen omdat deze sociaal-demografische variabelen veranderen door de tijd. Dus voor het simuleren van veranderingen in gedrag moet je het effect van veranderingen in de sociaal-demografische factoren meenemen. Evenzo is het belangrijk om de toegang tot vervoermiddelen en factoren die de bebouwde omgeving beschrijven mee te nemen.

Voor het meenemen van life-events ligt dit anders. Het is bekend dat deze een grote invloed kunnen hebben op het reisgedrag, maar er is nog weinig over bekend. Bovendien vergt het een bepaald type model om deze goed te kunnen simuleren (bijv. een dynamisch microsimulatiemodel). Daarom kunnen deze factoren niet altijd meegenomen worden in transportmodellen.

Ook moet er nog veel onderzoek gebeuren voordat attitudes goed in modellen kunnen worden meegenomen. Uit reeds gedaan onderzoek is duidelijk dat attitudes potentieel sterk correleren met gedrag, maar het hangt er wel van af hoe attitudes worden geformuleerd. Het is duidelijk dat een attitude “ik sta positief tegenover openbaar vervoer” een sterke positief verklarende factor zal zijn voor het gebruik van het OV. Maar wanneer een dergelijke verklarende factor in het transportmodel wordt opgenomen, zal het een uitdaging worden om het percentage mensen met die attitude goed te voorspellen. Meer algemene attitudes, zoals “ik vind duurzaamheid belangrijk” kunnen wellicht makkelijker voorspeld worden, maar hebben dan weer een minder sterk verklarend effect. Daar komt nog bij dat deze attitudes ook correleren met de andere groepen van verklarende factoren (in het bijzonder met de sociaal-demografische factoren), dus wanneer attitudes worden meegenomen zal het verklarend effect van die andere factoren minder groot worden. Beide professoren bevestigen dat we nog niet genoeg weten van attitudes om ze grootschalig in transportmodellen op te nemen, maar dit zou ons er niet van moeten weerhouden om wel te beginnen met het observeren van attitudes en het verder onderzoeken hoe deze in modellen moeten worden geïmplementeerd.

2.4. Synthese

In de voorgaande paragrafen is gekeken naar de beschikbare kennis over de verschillende groepen van factoren die het gedrag verklaren. In deze paragraaf proberen we tot een synthese te komen over de relevantie van deze groepen van factoren, de ingeschatte complexiteit om dit mee te nemen in de vraagmodellen, de mate waarin de factoren exogeen dan wel endogeen zijn aan het mobiliteitsgedrag. Op basis van deze aspecten maken we een inschatting hoe kansrijk we de optie achten om deze groepen van factoren beter mee te nemen in de vraagmodellen. Tabel 2 – samenvatting van bevindingen voor groepen van factoren geeft een samenvatting weer van de groepen van factoren en de benoemde aspecten.

Tabel 2 – samenvatting van bevindingen voor groepen van factoren

Groepen van factoren	Relevantie voor verklaren gedrag	Complexiteit	Exogeen/ Endogeen aan reisgedrag	Kansrijk als verbeteroptie
Sociaal-demografische en economische kenmerken	Middel	Laag, er is ervaring met meenemen van deze factoren en data is veelal beschikbaar.	Exogeen	Ja, no regret

Ruimtelijke kenmerken	Beperkt (minder invloed dan sociaal-demografisch en economisch, zit ook deels in LoS)	Variatie in complexiteit om dit mee te nemen, eenvoudig bv dichtheid tot complex diversiteit/functiemenging. Probleem met zelf selectie bij verklaringskracht.	Deels endogeen (zelf selectie)	Ja, no regret
Toegang vervoermiddelen	Hoog	Valt redelijk te meten (niet volledig in ODIN), endogeen/exogeen lastiger te bepalen	Deels endogeen	Ja, vooral ook aandacht voor exogene invloed
Life events	Beperkt (nog in onderzoeksfase)	Lastig, nog veel onderzoeksvragen en vraagt padafhankelijke implementatie	Exogeen	Als model dynamisch is
Attitudes	Hoog (afhankelijk type attitude, of deze dicht bij vervoerwijze zit, gezond bewegen, of verder weg gelovig)	Complexiteit zit mede in sterke invloed van gedrag op attitudes. Data ontbreekt nog veelal, voorkeur voor panel data. Cohort-effect gaat soms ook over verandering attitudes.	Sterk endogeen	Toevoegen aan data verzameling, nader onderzoek

Naast observaties over de kansrijkheid om groepen van factoren mee te nemen om het mobiliteitsgedrag te verbeteren in de bestaande modellen zijn er ook observaties te maken over de huidige gebruikelijke methode voor het bepalen van de invloed van de factoren op het mobiliteitsgedrag. De huidige dominante methode is het cross-sectie schatten van parameter waarden die in het model geldend zijn voor groepen van personen. Punten van zorg bij deze methode zijn: 1) dat ervan uitgegaan wordt dat deze geschatte waarden constant blijven door de tijd en 2) dat er verder geen heterogeniteit binnen de segmenten wordt meegenomen.

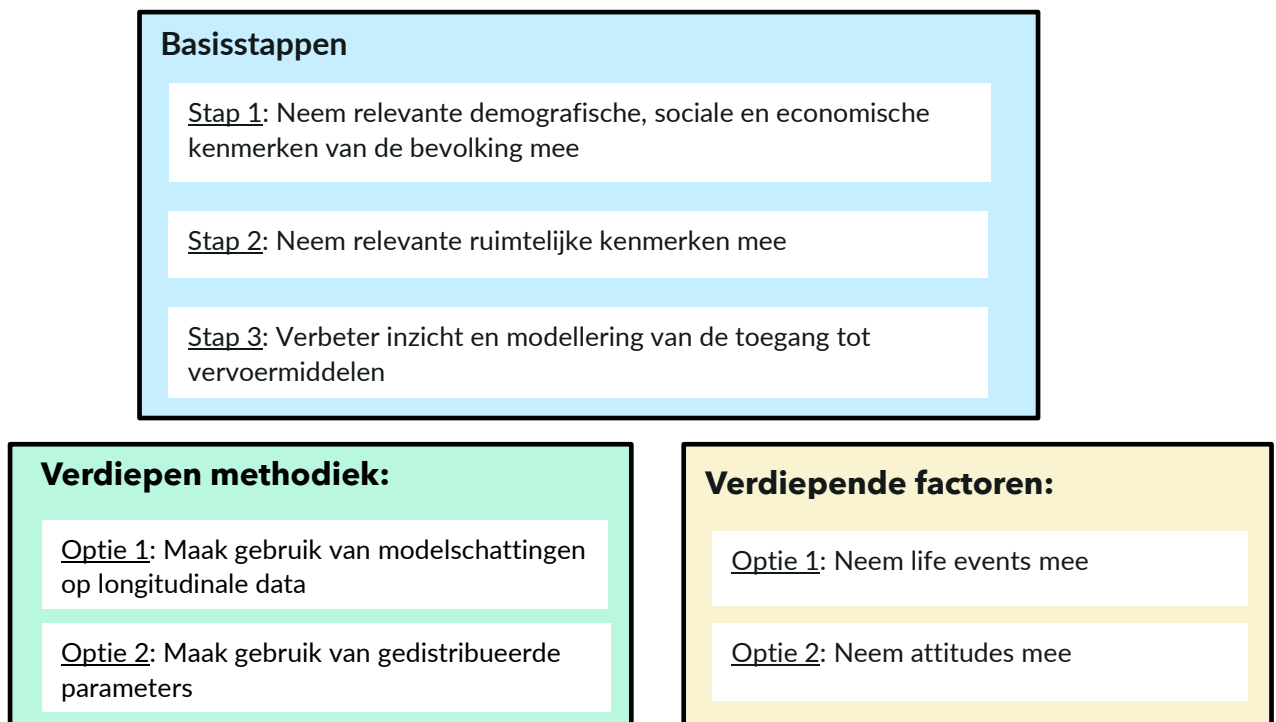
Mogelijke opties om bestaande methodiek te verbreden/verbeteren zijn naar ons idee:

- Onderzoek gericht op de longitudinale ontwikkeling in parameterwaarden. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van repeated cross-sectionele (of longitudinale panel-) surveys om trends in parameterwaarden te ontdekken.
- Onderzoek gericht op de distributie van parameterwaarden zodat variatie binnen groepen beter meegenomen kan worden. Niet iedereen binnen dezelfde gebruikersgroep heeft in de praktijk dezelfde parameterwaarde: deze zijn verdeeld volgens een bepaalde distributie. Hier expliciet naar kijken zorgt voor een betere aansluiting bij de geobserveerde variatie binnen groepen. Toe te passen nadat je al zoveel mogelijk variatie hebt verklaard met andere (geobserveerde of latente) variabelen.

3. Werkwijzer verbeteren modelleren mobiliteitsgedrag

3.1. Opzet werkwijzer

De opzet van de werkwijzer wordt weergegeven in Figuur 2 – werkwijzer verbeteren modellering van mobiliteitsgedrag en maakt een onderscheid naar zogenoemde basisstappen en verdiepende stappen. Onder de basisstappen worden factoren meegenomen om de gedragsmodellering te verbeteren welke nu al onderdeel zijn van de huidige state-of-the-art modellen. Bij de verdiepende factoren wordt er gekeken naar andere groepen van gedragsverklarende factoren uit de literatuur die nu nog niet worden meegenomen in de state-of-the-art modellen. Naast het meenemen van additionele verklarende factoren, zoals attitudes of life events, zien wij ook mogelijkheden om de huidige methodiek voor het bepalen van de invloed van factoren op het gedrag te verdiepen. De methodische verdieping richt zich vooral op de vraag hoe veranderend gedrag door de tijd geschat kan worden en wat de distributie van de parameter waarden binnen de bevolking(segmenten) is. Waar bij de basisstappen grotendeels kan worden teruggevallen op de bestaande praktijk en ervaringen, daar gaat het bij de verdiepende stappen meer om verkennend onderzoek. Bij de verdiepende stappen is een onderdeel van de verkenning ook de vraag hoe dit wel/niet effectief op te nemen is in de bestaande strategische vraagmodellen.



Figuur 2 – werkwijzer verbeteren modellering van mobiliteitsgedrag

Op basis van de werkwijzer zullen de geadviseerde stappen voor verbetering van de gedragsmodellering verschillen voor de bestaande modelsystemen afhankelijk van welke factoren al worden meegenomen. De werkwijzer adviseert wel het eerst op orde krijgen van de basisstappen voordat gekeken wordt naar de meer verdiepende factoren en methoden. Op deze wijze kan geprofiteerd worden van bestaande kennis over het schatten en toepassen van de basisstappen in de modellen. Voor de modellen waarin de basisstappen al veelal zijn meegenomen kan er gekeken worden of er hier nog ontbrekende factoren zijn die nog niet eerder zijn getoetst.

Bij de uitwerking van de basisstappen richt de beschrijving zich op de structuur van tour-based gedesaggregeerde modellen bestaande uit voormodellen, die bijvoorbeeld toegang tot vervoermiddelen zoals autobezit simuleren, de tourformatie, vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze en tijdstipkeuzemodellen. Een aantal van deze keuzen kunnen afhankelijk van het specificatieonderzoek ook simultaan worden gemodelleerd zoals vervoerwijze- en bestemmingskeuze en soms ook tijdstipkeuze. In al deze modellen spelen sociaal-demografische en economische factoren, zie 3.2.1, en ruimtelijke factoren, zie 3.2.2, een rol in het verklaren van het mobiliteitsgedrag. In 3.2.3 wordt specifiek ingegaan op de factor toegang tot vervoermiddelen, op welke wijze dit bepaald kan worden en wat de rol is van deze factor in de daaropvolgende modellen. De toegang tot vervoermiddelen zal mede van invloed zijn op de keuze set van mensen. De sociaal-demografische en economische, en ruimtelijke factoren spelen een rol in het verklaren van bijvoorbeeld het autobezit of OV abonnement, en anderzijds is de toegang tot vervoermiddelen, de uitvoer van deze modellen, een belangrijke verklarende variabelen in de vervoerwijze en bestemmingskeuze modellen.

De beschreven basisstappen zijn naar ons idee lastig te realiseren binnen een trip based zwaartekracht model structuur en bij het implementeren is dan ook het advies om over te stappen naar een gedesaggregeerde of micro omgeving. Het verschil in specificatie onderzoek, waar de invloed van de factoren op het mobiliteitsgedrag wordt onderzocht, voor een gedesaggregeerd of micro model is naar onze ervaring beperkt. De mee te nemen en te toetsen factoren worden in de praktijk meer beperkt door de omvang van de gedragsenquêtes dan door het mee te nemen detailniveau in het model. Bij een mogelijke overstap naar een activity based model verandert de data behoefte vaak en wordt de tour formatie fase voorafgegaan door een activity scheduler. De gebruikte data voor het schatten van activity based models is vaak op huishoudniveau, bestaande uit de activiteiten en reizen van alle huishoudleden (tijdsbestedingsdata). De onder de basisstappen besproken factoren, zoals sociaal-demografische, economische, ruimtelijke en toegang tot vervoermiddelen, komen ook terug in het specificatie onderzoek voor de gedragsmodellering in activity based models.

Bij de verdiepende stappen wordt ervan uitgegaan dat de basisstappen al zijn opgenomen in de modellen. Zo wordt bijvoorbeeld bij de voorgestelde longitudinale analyse gekeken of het gedrag veranderlijk is in de tijd waarbij er rekening gehouden wordt met veranderingen in de bevolkingssamenstelling in deze tijdsperiode. Voor het verkennen van additionele factoren zoals life events of attitudes geldt dat er ook een sterke samenhang is met de sociaal-demografische en economische kenmerken van de bevolking. De vraag is hier wat deze factoren aanvullend aan de basisfactoren kunnen verklaren.

3.2. Basisstap toevoegen

3.2.1. Sociaal-demografische en economische factoren

Bij de modelleninventarisatie in 2.1 worden de sociaal-demografische en economische factoren in meer of minder mate van detail meegenomen. In alle modellen wordt er minimaal een onderscheid gemaakt naar wel/geen autobezit en bij de gedesaggregeerde modellen worden er meerdere kenmerken van personen en huishoudens meegenomen als

gedragsverklarende factoren. De overzichten met meegenomen persoons- of huishoudenskenmerken betekenen overigens niet dat alle kenmerken bij alle keuzemodellen binnen het vraagmodel worden meegenomen. Afhankelijk van de schattingsresultaten uit het modelspecificatie onderzoek spelen de kenmerken wel of geen rol als verklarende variabelen in de verschillende keuze modellen. In deze paragraaf richten we ons op de keuze modellen voor tour formatie, vervoerwijze keuze, bestemmingskeuze en tijdstip keuze, waarbij zoals eerder gezegd een aantal keuzen ook simultaan gemaakt kan worden. Voor autobezitsmodellen of andere modellen die de toegang tot vervoermiddelen berekenen wordt verwezen naar 3.2.3. De variabelen die de toegang tot vervoermiddelen duiden in de andere keuzemodellen, komen uit deze voormodellen of worden bepaald op basis van scenario veronderstellingen.

In deze paragraaf zullen we ingaan op veel gebruikte en geteste persoons- en huishoudenskenmerken voor de bovenstaande keuzemodellen en enkele aanvullende suggesties geven voor nader te testen kenmerken. Als we spreken over de tour formatie, vervoerwijze-, bestemmings-, of tijdstipkeuze modellen dan spreken we in feite over meerdere (sub)modellen per keuze voor de verschillende motieven.

Motieven

Het aantal meegenomen motieven in een model wordt bepaald op basis van het specificatie onderzoek. Hierbij hangt het aantal af van het aantal waarnemingen in de schattingsdata (mogelijkheid om specifieke modellen te schatten) en de verschillen in reisgedrag. Relevante verschillen in reisgedrag zijn bijvoorbeeld verschillen naar gemiddelde reislengthe, vervoerwijzenaandelen, type bestemmingen en tijd- en kostenelasticiteiten, die gevonden wordt tussen reizigers voor verschillende (sub)motieven. In de praktijk is er veelal een trade-off te maken tussen wat robuustere schattingen voor bredere motieven en het meenemen van detail via extra motieven met afwijkende reispatronen.

Op basis van de technische documentatie van de modellen lijken de modellen van de SIVMO-partners onderling nauwelijks te verschillen in het aantal meegenomen motieven. De verschillende modellen maken een onderscheid naar werken, zakelijk, winkelen, onderwijs en overig/sociaal als hoofdmotieven. In de buitenlandse modellen wordt er soms aanvullend een onderscheid gemaakt naar type werkgelegenheid, bijvoorbeeld in de vraagmodellen voor Parijs en Sydney, veelal aansluitend bij lokaal gangbare definities zoals cadre/non cadre of blue and white collar (in NL is cadre vergelijkbaar met hoogopgeleid werk versus lager opgeleid of werkmensen (blue collar) versus kantoorbanen (white collar)). Per type werkgelegenheid zijn er dan specifieke modellen geschat en het vraagmodel heeft dan twee of drie woon-werk motieven met verschillende ruimtelijke patronen en kosten- en tijdgevoeligheden. Op het gebied van winkelen wordt er soms onderscheid gemaakt naar dagelijkse boodschappen en niet-dagelijkse winkelverplaatsingen (bijvoorbeeld in het model van Parijs en het 4G model voor Vlaanderen). In Nederland is in het LMS recentelijk voor GM5/6 het motief overig gesplitst in visite/sport en overig persoonlijk. Het motief personal business, met daarin activiteiten zoals dokter/tandarts of kapper, is een specifiek motief in het Compass model voor Kopenhagen. Dit model heeft ook een specifiek motief voor het wegbrengen en ophalen van anderen (bv. kinderen naar school).

Naast de tours voor motieven vanuit de woning zijn er soms ook specifieke modellen voor neventours, deze vormen een onderdeel van de hoofdtour, en niet woning gebonden tours bijvoorbeeld vanuit de werkplek. Voor kinderen wordt er in meerdere modellen gewerkt met specifieke kindmotieven.

Specificatie onderzoek relevante kenmerken

In het specificatie onderzoek wordt er per motief onderzoek gedaan naar welke demografische en sociaal-economische kenmerken een verklarende factor zijn voor het mobiliteitsgedrag. Het kan hierbij zowel gaan om individuele kenmerken als om combinaties van kenmerken, zoals bijvoorbeeld student en geen rijbewijs of vrouw, werkzaam en rijbewijs. In

Tabel 3 en Tabel 4 hebben we voor de huishoud- en persoonskenmerken aangegeven met een ✓ in welke type keuze modellen deze een rol spelen op basis van uitgevoerd specificatie onderzoek voor verschillende modelsystemen.

Bij de tour formatie hebben de meegenomen kenmerken een invloed op het aantal tours per dag per motief, de relevante kenmerken zullen hierbij verschillen tussen de motieven. Bij de vervoerwijzekeuze gaat het om kenmerken die de voorkeur voor een bepaalde vervoerwijze mede verklaren. Het aantal vervoerwijzen verschilt tussen de bestaande vraagmodellen afhankelijk of er gewerkt wordt met 1 OV of verschillende typen OV (bus, tram, trein), 1 type fiets of splitsing in e-bike en gewone fiets en of er specifieke vervoerwijzen zijn voor autopassagier en lopen. De bestemmingskeuze wordt beïnvloed door kenmerken die de gemiddelde reisafstand beïnvloeden of door kenmerken van personen die samenhangen met de attractievariabelen voor de zones als bestemming. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om de combinatie tussen hoogopgeleide personen die een woon-werk tour maken en het aantal hoogopgeleide banen in zones.

Tabel 3 – overzicht van welke huishoudkenmerken in welke keuzemodellen een rol spelen (op basis bestaande modellen)

Huishoudkenmerken	Tour formatie	Vervoerwijzekeuze	Bestemmingskeuze
Huishoudinkomen	✓	✓ (per motief of persoons- of huishoudinkomen)	✓ (invloed op afstand)
Autobeschikbaarheid (uit voormodel)	✓	✓	✓ (invloed op afstand)
Samenstelling huishouden	✓ (volwassen, werkzaam, kinderen)	✓	
Omvang huishouden	✓	✓	
Andere kenmerken – beschikbaarheid parkeren		✓	

Tabel 4 – overzicht van welke persoonskenmerken in welke keuzemodellen een rol spelen (op basis bestaande modellen)

Persoonskenmerken	Tour formatie (aantal tours per motief)	Vervoerwijzekeuze (voorkeur bepaalde vzw)	Bestemmingskeuze (invloed op reisafstand of bestemming)
Geslacht	✓	✓	✓
Leeftijd	✓ (verschillende relevantie categorie per motief)	✓	✓ (reisafstand)
Persoonlijk inkomen	✓	✓ (via kostengevoeligheid)	✓ (via kostengevoeligheid)
Maatschappelijke participatie	✓ (werk, student, pensioen, niet actief)	✓	✓ (reisafstand)
Opleidingsniveau	✓ (hoog, midden, laag, of combi van midden en laag)	✓	✓ (reisafstand, bestemming in combinatie met type banen)
Type werk	✓ (fulltime / parttime, opleidingsniveau banen)	✓	✓ (reisafstand)
Parkeren op werk		✓	
Vervoer naar werk		✓	
Rijbewijs	✓	✓	
E bike		✓	
Studentenkaart	✓	✓	
OV abonnement	✓	✓	

De bovenstaande kenmerken vormen geen vast recept voor het ontwikkelen van een vraagmodel. In de praktijk hangen de mogelijkheden af van de beschikbare data over het reisgedrag en de bevindingen uit de schattingen. Het model specificatie onderzoek is dan ook een iteratief proces waarbij de modelspecificatie door experts wordt getoetst en besproken op basis van een set aan evaluatiecriteria. De bovenstaande kenmerken zijn naar ons idee waardevolle kenmerken om mee te nemen in het specificatie onderzoek.

Aanvullend zijn er naar ons idee nog een aantal kenmerken waarmee de verklaringskracht van de modellen mogelijk verder verbeterd kan worden. Deze kenmerken worden nog niet meegenomen in de door ons bekeken modellen.

Optionele kenmerken om aan te denken zijn:

- (niet westerse) migratieachtergrond, zie ook de literatuurstudie waar gevonden is dat dit een belangrijk kenmerk is voor de verklaring van het fietsgedrag (minder) en een hoger gebruik van andere vervoerwijzen. Dit is mogelijk een belangrijk kenmerk om het stedelijke OV-gebruik beter mee te nemen in de modellen;

- Fietsbezit of toegang tot de fiets, de aanname is nu dat iedereen toegang heeft maar dit lijkt in de praktijk niet altijd het geval. De ruimtelijke en sociale omgeving, o.a. veilige parkeerplek, spelen hierbij een belangrijke rol. Dit lijkt ook vooral een variabele met invloed op het stedelijke reisgedrag.
- Het meenemen van type werkgelegenheid in meer detail, niet alleen full-time/part-time maar ook meerdere sectoren zoals industrie, consumentendiensten, zakelijke diensten en overheid. Niet alleen variëren deze sectoren sterk in het aandeel thuiswerkers, en daarmee het aantal tours per baan, maar ook in de vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze en tijdstipkeuze. Om dit mee te kunnen nemen is data nodig over reisgedrag van personen naar sector, aan de herkomstkant data over de sectoren waar de beroepsbevolking werkzaam is en aan de bestemmingskant het aantal banen. De microdatabestanden van het CBS lijken hiervoor een basis te bieden, aan de bestemmingskant is het ook een optie om LISA data te gebruiken.

3.2.2. Ruimtelijke factoren

Het mobiliteitsgedrag kan ook deels verklaard worden door ruimtelijke factoren, zie het literatuuroverzicht in §2.2.7. Waar de demografische en sociaal-economische factoren als exogeen aan het mobiliteitsgedrag worden gezien is dit beeld complexer bij de ruimtelijke factoren. Naar onze inschatting zijn deze deels exogeen, geen relatie met het mobiliteitsgedrag, en deels endogeen, via zelfselectie waarbij mensen met een voorkeur voor een vervoerwijze gaan wonen op een locatie met gunstige voorwaarden voor deze vervoerwijze (bijvoorbeeld voldoende parkeerruimte of station in de buurt). In de huidige modellen worden de ruimtelijk factoren meegenomen als exogene factoren welke van invloed kunnen zijn op het aantal reizen dat mensen maken, de gekozen vervoerwijze en de bestemmingskeuze. Het negeren van de endogene relatie met het mobiliteitsgedrag kan mogelijk een overschatting geven van de rol van deze factoren in de modellen. Indien er wel gecorrigeerd zou kunnen worden blijven de ruimtelijke factoren nog steeds van belang, zo blijkt uit onderzoeken waarbij er wel gecorrigeerd wordt voor de endogene relatie met het mobiliteitsgedrag (zie 2.2). Het verder verdiepen/corrigeren voor mogelijke endogeniteit valt naar ons idee buiten het basispad en is onderdeel van een mogelijke verdieping in relatie met attitudes.

In de vraagmodellen worden verschillende ruimtelijke factoren meegenomen om de mobiliteitskeuzen te helpen verklaren. Het type ruimtelijke factoren dat wordt meegenomen bestaat uit:

- Central Business District variabelen, bijvoorbeeld uitgedrukt door een hoge aantal arbeidsplaatsen per oppervlak als kenmerk van bestemmingszones.
- Algemene dichtheidsmaten, vaak op basis van de bevolking, die in de herkomst- en/of bestemmingszone de bevolkingsdichtheid weergeven. Soms wordt ook gebruik gemaakt van een weging van bevolking en andere activiteiten.
- Stedelijkheidsklassen welke vaak een combinatie bevatten van de dichtheid in de eigen zone en de omliggende zones binnen een bepaalde afstand. Zo wordt bijvoorbeeld in het MRDH model gebruik gemaakt van stedelijkheidsgraden (op basis van een methode van Studio Bereikbaar) waarbij de score afhangt van de nabijheidsscore (omliggende zones) en de dichtheid in inwoners en arbeidsplaatsen. In het LMS is er na een verkenning van verschillende maten voor de stedelijkheidsklassen ook gekozen voor een dichtheidsmaat waarbij ook zones in de omgeving binnen een bepaalde afstand meetellen.
- Parkeervariabelen in de modellen zitten deels tussen de level-of-service variabelen en ruimtelijke factoren in. Op zonaal niveau meegenomen variabelen bestaan uit parkeervergunningen (voor de woonzone, vooral van invloed op autobezit), parkeertarieven en parkeerzoektijden.
 - de parkeertarieven kunnen meegenomen worden, via een representatief uurtarief, in meer detail als parkeerkosten. In het tweede geval is het nodig dat er informatie over de parkeerduur aanwezig is in het model.

- bij de parkeerzoektijden geldt ook dat er eenvoudige voorbeelden zijn waarbij er een vaste extra tijd gerekend wordt als er naar een bepaald type zone wordt gereisd. In andere modellen wordt de parkeerzoektijd in meer detail berekend op basis van de vraag/aanbod verhouding naar parkeren in een zone. In de praktijk levert een uitsplitsing van de parkeerzoektijden naar bewoners en bezoekers een verbetering op.

In de tour formatie module spelen de ruimtelijke factoren een bescheiden rol en worden deze factoren vooral meegenomen indien er geen bereikbaarheidsmaten worden teruggekoppeld uit de vervoerwijze- en bestemmingskeuze modellen. Ruimtelijke factoren, zoals stedelijkheidsgraden, worden dan als proxy gebruikt om de invloed van bereikbaarheid op het aantal gemaakte tours mee te kunnen nemen.

De ruimtelijke factoren spelen vooral een verklarende rol in de vervoerwijze- en bestemmingskeuze modellen waarbij ruimtelijke factoren aan de herkomstkant, de bestemmingskant of aan beide kanten een rol spelen in de vervoerwijze keuze en/of bestemmingskeuze. In de praktijk kan het hier gaan om een fors aantal variabelen gekoppeld aan verschillende vervoerwijzen of type bestemmingen. Gezien het belang van de variabelen is het aan te bevelen dat deze niet gefixeerd zijn naar de toekomst toe en dat veranderingen in stedelijke dichtheden of parkeerbeleid in de toekomst doorwerken op het mobiliteitsgedrag. Via het gebruik van endogeen berekende waarden voor de variabelen, bijvoorbeeld op basis van de sociaal-demografische gegevens van de modellen, kan ervoor gezorgd worden dat veranderende omstandigheden doorwerken op de mobiliteitskeuzen.

Bij de interpretatie van de ruimtelijke factoren voor beleidsdoeleinden, bijvoorbeeld de invloed van een hoger parkeertarief, moet er gewaakt worden voor correlatie met andere ruimtelijke factoren in het model zoals bijvoorbeeld stedelijkheidsgraden in het model. Indien twee factoren sterk gecorreleerd zijn, bijvoorbeeld centrum stedelijk en het parkeertarief, dan zal het toevoegen van beide factoren naar verwachting de verklaringskracht van het model verbeteren maar kan een deel van de invloed van de ene factor worden opgenomen bij de ander. Het effect van een verhoging van het parkeertarief kan hierdoor onderschat worden.

3.2.3. Toegang tot vervoermiddelen

De toegang tot vervoermiddelen, bijvoorbeeld via het bezit van vervoermiddelen of abonnementen, heeft een zeer sterke invloed op het reisgedrag van mensen. Uiteraard is er hier een sterke endogene relatie met het mobiliteitsgedrag, iemand die veel met auto wil reizen zal eerder een auto aanschaffen of vergelijkbaar iemand die graag met het OV reist zal eerder een abonnement nemen. Toch zijn er hier ook duidelijke exogene relaties te vinden die een meerwaarde hebben als deze meegenomen kunnen worden. Zo zal iemand die alleen een OV vergoeding of abonnement krijgt van zijn werkgever eerder met het OV reizen, hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor studenten met de OV studentenkaart. Voor de auto gelden vergelijkbare exogene relaties als het gaat om een auto van de zaak of het hebben van wel of geen betaalde parkeerplek op de werklocatie. Daarnaast kunnen ook allerlei fiscale regels het bezit van vervoermiddelen beïnvloeden zoals de BPM belasting of (e-)fiets van de zaak regelingen. Het zo goed mogelijk mee kunnen nemen in de modellen van de toegang tot vervoerwijzen voor verschillende persoon op verschillende locaties kan een forse bijdrage leveren aan de verklaringskracht van een model. Bij een verkennend project voor het LMS kwam naar voren dat het toevoegen van de verklarende variabele toegang tot de auto, de variabele in het model was met de grootste invloed op de model fit in de schattingen.

Om de toegang tot de vervoersmiddelen goed mee te kunnen nemen in de modellen is het nodig dat dit bekend is als onderdeel van de enquêtes naar het mobiliteitsgedrag. In het ODIN is informatie beschikbaar over het vervoermiddelenbezit, zoals auto, motor, fiets en e-bike, op huishoud- en of persoonsniveau. In het ODIN ontbreekt wel informatie over ov-abonnementen, hierover is wel meer informatie te vinden in het Mobiliteits Panel Nederland (MPN) van het KIM. Op basis van deze gedragsdata kan geschat worden wat de invloed is van de toegang van vervoersmiddelen op het mobiliteitsgedrag. Bij significante variabelen is het dan de uitdaging om data over de toegang tot vervoermiddelen toe te voegen voor de gehele bevolking en voorspellingen te doen over de verandering in de toegang tot vervoermiddelen naar de toekomst toe.

Beide aspecten worden in bestaande modellen heel uiteenlopend ingevuld van eenvoudig, bestaande uit het gebruik van gemiddelden voor de huidige situatie en scenario aanname over de ontwikkeling, tot meer diepgaand en complex, bestaande uit het gebruik van keuzemodellen waarbij afhankelijk van sociaal-demografische, economische en ruimtelijke kenmerken de kans op toegang/bezit van vervoermiddelen wordt geschat. Het valt op dat de aandacht voor toegang tot vervoermiddelen verder lijkt ontwikkeld in een aantal buitenlandse state-of-the-art modellen, zoals Activitysim, CT RAMP, COMPASS (implementatie daysim) of ANTONIN (Parijs), dan in de huidige Nederlandse modellen. Zover wij weten wordt er hier alleen gebruik gemaakt van een autobezitsmodel in LMS en VMA. Andere aspecten die worden meegenomen, zoals e-bike aandeel of bezit, verlopen via exogene aannamen over de veranderingen hierin. Naast over het bezit van het vervoermiddel zelf kan het hier ook gaan om parkeer- of stallingsmogelijkheden die de toegang beïnvloeden. Voorbeelden zijn de parkeeropties rondom het huis, op de werkplek (eigen plek, openbaar betaald of niet) of mogelijkheden om de fiets veilig te stallen.

Mogelijke verbeterstappen waarbij we hier aan denken zijn:

- **Autobezitsmodule.** Invoeren of verdieping van de huidige module waarin de autobezitskansen worden doorgerekend. De op deze module gebaseerde variabelen over de toegang tot de auto zijn van groot belang voor vervoerwijze- en bestemmingskeuze modellen. Het meenemen van verschillende autotypen, bijvoorbeeld elektrisch en conventioneel, kan aanvullend inzicht verschaffen in de ruimtelijk variatie in de mobiliteitstransitie en de verwachte vraag naar extra capaciteit op het elektriciteitsnet. De autobezitsmodule is ook van groot belang om de effecten van nieuwe innovaties, zoals MAAS of deelauto's, te kunnen verkennen.
- **De onder §3.2.1 genoemde verdere uitsplitsing naar type werkgelegenheid** is hier ook relevant. Het vervoermiddelen gebruik voor het woon-werk en zakelijke verkeer kan sterk variëren tussen economische sectoren door economische prikkels (bv. alleen OV vergoed), de gebruikelijke werktijden of de bij de beroepsgroep behorende noodzaak om spullen mee te nemen.
- **OV-abonnementen model.** Het doel van deze module is redelijk vergelijkbaar met de autobezitsmodule en schat de kans dat mensen wel/geen OV-chipkaart hebben of een of andere vorm van abonnement. Uit het MPN blijkt dat ongeveer de helft van de respondenten geen OV-chipkaart heeft en de kans dat deze mensen met het OV gaan reizen zeer gering is (note: metingsjaar was voor invoeren mogelijkheid betalen met bankpas). Dit sluit aan bij het advies vanuit de verkeerspsychologie om meer aandacht te geven aan zogenoemde captive reizigers.
- **Het onderzoeken van fiets en e-bike bezit en toegang.** Voor de fiets zou getoetst moeten worden of de huidige aanname, iedereen heeft toegang die het wil, klopt of dat er specifieke gebieden en/of segmenten zijn van de bevolking waarvoor dit niet geldt. Voor de e-bike geldt dat er nu zoveel gebruikers zijn dat dit een volwaardige vervoerwijze is waarvoor nader onderzocht moeten worden of dit als zelfstandige vervoerwijze gemodelleerd moet worden. Een aspect om daarbij mee te nemen is het gebruik van de e-bike door andere huishoudleden.

De uitwerking en implementatie van bovenstaande suggestie zal naar verwachting de verklaringskracht van de modellen substantieel verbeteren. Daarnaast is het ook aannemelijk dat de reiskosten en -tijden elasticiteiten verbeteren doordat er beter rekening wordt gehouden met mogelijk opties van reizigers.

3.3. Verdiepen methodiek

3.3.1. Longitudinale trendschattingen

De gedragsmodellen in modelsystemen worden in bijna alle gevallen geschat op cross-sectiedata, waarbij verschillen in reisgedrag tussen personen verklaard worden uit data voor één of enkele recente jaren. Er wordt verondersteld dat personen in de toekomst dezelfde keuzes zullen maken als overeenkomstige personen (= zelfde leeftijd, zelfde inkomen, zelfde huishoudsituatie, etc.) die in het verleden met dezelfde keuze geconfronteerd zijn. Ook wordt aangenomen dat mensen hun reisgedrag al volledig hebben aangepast aan recente ontwikkelingen, zoals nieuwe wegen, OV-dienstregelingen en prijzen.

Een alternatief voor cross-sectieschattingen zijn longitudinale schattingen. Bij longitudinale schattingen worden personen (panel) of segmenten van personen (pseudo-panel) over de tijd gevolgd en worden veranderingen van het reisgedrag over de tijd verklaard. Dit maakt het mogelijk om de effecten van trendmatige ontwikkelingen mee te nemen in het gedragsmodel. Door de sterke relatie tussen het keuzegedrag van opeenvolgende jaren zijn longitudinale modellen ook beter geschikt voor prognoses op de middellange termijn.

Om te zorgen dat de modelschattingen niet afhankelijk zijn van ontwikkelingen die specifiek zijn voor één of enkele jaren is een lange tijdreeks nodig van enquêtedata. Dit kan een paneldata zijn (bijvoorbeeld MPN zoals gebruikt in La Paix et al. 2021), maar ook een serie van MON-, OViN- en ODIN-jaargangen lijkt goed geschikt voor het schatten van een pseudo-panelmodel. Die data kunnen jaar-op-jaar geanalyseerd worden, wat wil zeggen dat het reisgedrag in een jaar steeds vergeleken wordt met één jaar eerder. Jaren met een trendbreuk, zoals de overgangen tussen MON, OViN en ODIN, kunnen achterwege gelaten worden, zodat deze de modelschattingen niet verstoren.

Voor de volgende model-onderdelen zien wij de toepassing van longitudinale modellen als veelbelovend. De modellen worden oplopend in complexiteit behandeld en we verwachten dat een ontwikkeling in deze volgorde het meest voor de hand ligt.

1. Trip-/tourfrequentie: Het aantal verplaatsingen of tours dat mensen maken is in hoge mate constant door de tijd. De beleidsgevoeligheid van de trip-/tourfrequentie is in de praktijk bovendien erg klein. Daar staat tegenover dat trendmatige ontwikkelingen relevant kunnen zijn, zoals de opkomst van thuiswerken en e-shopping. Uit backcast-analyses is gebleken dat cross-sectiemodellen trends in trip-/tourfrequentie niet altijd goed oppikken. Dit maakt dat een longitudinaal model hiervoor een geschikte vorm kan zijn, met meerwaarde ten opzichte van een cross-sectiemodel. De modelvorm van het trip-/tourfrequentiemodel is relatief eenvoudig, met de sociaal-economische kenmerken van personen als verklarende variabelen. Door de kleine beleidsgevoeligheid is het voor de meeste toepassingen niet nodig om gebruik te maken van reistijden- of kostenmatrices, wat de ontwikkeling van een longitudinaal trip-/tourfrequentiemodel sterk eenvoudiger maakt. Een deel van de persoonskenmerken wordt gebruikt voor het bepalen van het persoonssegment, zodat er een klein aantal verklarende variabelen overblijft waarvoor een coëfficiënt geschat wordt.
2. Vervoerwijzekeuze (basis): Zoals in paragraaf 3.2.3 al beargumenteerd is, is de vervoerwijzekeuze voor een groot deel afhankelijk van de toegang tot vervoermiddelen, met name het bezit van een rijbewijs, auto, (elektrische) fiets of OV-abonnement. Bereikbaarheid is daarnaast voor een groot deel een ruimtelijke factor die sterk gecorreleerd is met stedelijkheid. Het is daarom mogelijk om een basismodel voor de vervoerwijze op te zetten zonder gebruik te maken van reistijden- en kostenmatrices. Het model bevat alleen persoons- en ruimtelijke kenmerken, voor zover die al niet voor de definitie van de segmenten wordt gebruikt.

3. Vervoerwijzekeuze met reistijden/kosten: Een stap verder dan het basismodel is een model voor de vervoerwijzekeuze waarbij wel gebruik wordt gemaakt van gemodelleerde reistijden en/of -kosten. De reistijden en kosten worden opgenomen in een bereikbaarheidsmaat: een indicator voor potentiële bereikbaarheid of logsum-bereikbaarheid. Deze opzet vraagt meer qua databeschikbaarheid, omdat de reistijden en kosten zullen variëren over de jaren in de tijdreeks, maar zonder de introductie van nieuwe trendbreuken. Er is een consistente serie auto- en OV-netwerken nodig waar met dezelfde methode reistijden en kosten van afgeleid worden. Daarbij wordt rekening gehouden met de ontwikkeling van brandstofprijzen en OV-tarieven over de tijd.
4. Reistijdwaardering: Om reistijden en reiskosten onderling te wegen wordt een reistijdwaardering gebruikt. Een reistijdwaardering (of verandering van reistijdwaardering) kan in verschillende deelmodellen gebruikt worden, zoals voor de vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze, tijdstipkeuze en toedelingsmodellen. De reistijdwaardering wordt periodiek vastgesteld op basis van stated preference onderzoek, wat maakt dat het maken van een longitudinale trendschatting een complexere optie is.

Het resultaat van deze stappen is een model dat meer consistentie heeft in de prognose voor opeenvolgende toekomstjaren, waarbij rekening wordt gehouden met historische trends. De structuur zal ook beter geschikt zijn voor middellange termijnprognoses.

3.3.2. Gedistribueerde parameters

Elk model bevat een aantal parameters. Een parameter is bijvoorbeeld een coëfficiënt die met een (verklarende) variabele wordt vermenigvuldigd, of een elasticiteit die als macht in de modelformulering voorkomt. De waarden van deze parameters worden meestal bepaald op basis van een schatting op waargenomen data of worden overgenomen uit de literatuur en zijn “vast”. Dat wil zeggen dat voor alle personen binnen een bepaalde groep dezelfde parameterwaarde wordt gebruikt. Een gedistribueerde parameter daarentegen (die in de literatuur vaak een “random” parameter⁴ wordt genoemd) is een parameter die geen unieke waarde heeft, maar die een bepaalde verdeling heeft.

Deze gedistribueerde parameters worden gebruikt om te simuleren dat niet iedereen dezelfde voorkeuren heeft. In veel modellen wordt dit al benaderd door verschillende parameters te gebruiken voor verschillende groepen in de bevolking. Zo kennen veel modellen aparte coëfficiënten per leeftijdsgroep, inkomensklasse of regio. Dit wordt het meenemen van “geobserveerde heterogeniteit” genoemd. Maar op deze wijze wordt nooit alle bestaande variatie in voorkeuren meegenomen. De resterende “niet-geobserveerde heterogeniteit”⁵ is vaak nog veel groter.

De manier om deze resterende variatie in voorkeuren mee te nemen is om aan te nemen dat een bepaalde parameter geen unieke waarde heeft, maar eigenlijk een bepaalde verdeling heeft binnen de populatie. Dit kan een normale (Gaussische) verdeling zijn, een lognormale verdeling of enig andere verdeling. In de schatting worden dan de parameters die deze verdeling beschrijven bepaald, zoals bijvoorbeeld het gemiddelde en de standaarddeviatie van de verdeling. In het algemeen levert het toevoegen van een gedistribueerde parameter een sterke verbetering van de model fit op. Deze verbetering is vaak veel groter dan de verbetering die verkregen wordt door een extra verklarende interactie-variabele op te nemen (zoals leeftijd, inkomen etc.). Echter, een betere fit hoeft niet te betekenen dat ook de modelprognoses merkbaar beter worden. Het gemiddelde keuzegedrag zal door een model met en zonder

⁴ Random parameter suggereert dat de waarde van deze parameter willekeurig is. Dat is niet precies wat hier bedoeld wordt. Wij geven de voorkeur aan de term “gedistribueerde parameter” om duidelijk te maken dat het om een parameter met een onderliggende verdeling gaat.

⁵ Deze term dekt de lading niet goed. Met deze term wordt bedoeld dat de variatie (= heterogeniteit) in voorkeuren weliswaar kan worden waargenomen, maar dat deze niet kan worden toegeschreven aan een geobserveerde variabele, zoals leeftijd, inkomen, regio etc..

gedistribueerde parameters vergelijkbaar goed worden gesimuleerd⁶. Echter, dan resteert wel de vraag: waarom is het dan nuttig om dit te doen?

De belangrijkste reden hiervoor is het beter modelleren van gevoeligheden. Wanneer een bepaalde maatregel wordt geïntroduceerd (bijv. een prijsverandering, nieuwe infrastructuur of een nieuwe modaliteit) dan heeft dat op het gemiddelde keuzegedrag vaak maar een beperkt effect. Maar als je gedetailleerder kijkt, dan zie je dat een groot deel van de mensen helemaal niet beïnvloed worden en een klein deel juist sterk. Dit kun je vanuit modelperspectief zien dat alleen de mensen die in de staart van een bepaalde verdeling van voorkeuren zitten, hun keuzegedrag wijzigen. Om de gevoeligheid voor zo'n maatregel dan goed te kunnen modelleren is het essentieel om de vorm van die (staart van de) verdeling dan goed mee te nemen in je model en dat kan alleen middels een gedistribueerde parameter.

In modellen die gebruikt worden voor lange termijn verkeersprognoses in de praktijk (i.e. niet-academische modellen) is het te adviseren om slechts één of enkele gedistribueerde parameters in het model op te nemen. Niet alleen zijn de meeste datasets niet voldoende groot om betrouwbaar de kenmerken van meerdere parameterverdelingen te bepalen, ook kunnen er door interacties tussen de staarten van de diverse verdelingen ongewenste effecten ontstaan. Meestal wordt dan als eerste de vaste tijd- of kostencoëfficiënt vervangen door een gedistribueerde parameter. Hierbij moet dan wel opgelet worden dat er geen normale verdeling voor deze coëfficiënt wordt verondersteld, omdat er dan ook positieve coëfficiëntwaarden kunnen gaan voorkomen (de staarten van een normale verdeling lopen naar beide zijden oneindig door). Een andere mogelijkheid is om de reistijdwaardering (i.e. de ratio tussen de tijd- en de kostencoëfficiënt) te vervangen door een gedistribueerde variant. Uit onderzoek is gebleken dat een log-normale verdeling een goede beschrijving geeft van de onderliggende verdeling van deze parameter (Significance 2023). In een vervoerwijzekeuze-model kunnen de vervoerwijze-specifieke constanten vervangen worden door een gedistribueerde parameter. Daarvoor kunnen wel normale verdelingen worden verondersteld.

Modellen met gedistribueerde parameters worden Mixed-Logit modellen genoemd. Error-component modellen (met maximaal één gedistribueerde constante per alternatief) zijn een speciale vorm hiervan. Diverse standaard softwarepakketten kunnen dit type modellen schatten, zoals Apollo en Biogeme. Het Alogit-pakket kan alleen de error-component variant schatten.

Een belangrijke beperking van het gebruik van gedistribueerde parameters is dat er bepaald type model voor nodig is om dergelijke parameters goed te kunnen implementeren. Denk hierbij vooral aan microsimulatiemodellen waarbij er veel individuele reizigers (of agenten) worden gesimuleerd. Voor het modelleren van het keuzegedrag van deze agenten worden normaalgesproken de parameters gebruikt die horen bij de socio-economische groep waartoe de agent behoort. Maar bij een gedistribueerde parameter wordt voor elke agent een trekking gedaan uit de bijbehorende verdeling. Zo krijgt iedere agent zijn eigen parameter (die in de rest van de simulatie meestal constant wordt gehouden) en kan zijn keuzegedrag (een beetje) anders zijn dan van andere agenten uit dezelfde bevolkingsgroep. Gezamenlijk hebben alle agenten wel het gemiddelde gedrag wat ook in een model zonder deze gedistribueerde parameters wordt gevonden. Het hier gaat om relatief complexe en ver-ontwikkelde modellen. In principe is het ook mogelijk om gedistribueerde parameters te gebruiken in een meer geaggregeerd model. Echter, de voordelen van het meenemen van de verdeling van de parameterwaarden zijn dan veel beperkter. Juist door de variatie in keuzegedrag te combineren met de variatie van reiskenmerken ontstaat de extra nauwkeurigheid in de simulatie.

Een andere beperking is de benodigde hoeveelheid data. Als vuistregel mag ervan uitgegaan worden dat voor elk segment waar een gedistribueerde parameter voor moet worden geschat, ten minste 1000 onafhankelijke

⁶ In geval van een symmetrisch veronderstelde distributie. Bij asymmetrische distributies kunnen er wel verschillen optreden.

waarnemingen nodig zijn. In de praktijk komen er ook wel dergelijke modellen met kleinere aantallen waarnemingen voor, maar dat geeft dan wel meer onzekerheid over de exacte vorm en positie van de geschatte verdeling. Aangezien het doel van het meenemen van die verdeling juist is om de nauwkeurigheid in de staarten van zo'n verdeling te vergroten, is dit niet te adviseren.

3.4. Verdiepen gedragsbepalende factoren

3.4.1. Life events

Life events staan voor belangrijke gebeurtenissen in het leven van personen en huishoudens. Hierbij kan gedacht worden aan het gaan samenwonen, de geboorte van een kind, een nieuwe baan of de verhuizing van een huishouden naar een nieuwe woning. De veronderstelling is dat op deze momenten het gewoontegedrag wordt heroverwogen wat de mogelijkheid tot verandering geeft. Vanuit de verkeerspsychologie wordt specifiek naar dit soort mogelijkheden gekeken om kansrijke doelgroepen te identificeren voor gedragsverandering.

In de huidige transportmodellen wordt zover wij weten geen gebruik gemaakt van life events. Uitzondering is hierbij het SPARK autobezitsmodel dat dynamisch van opzet is. Barrières waarom deze factoren nog geen rol spelen in de huidige modellen zijn naar ons idee:

- De mogelijke life events zijn sterk verschillend in aard en databehoeft. Elke mogelijke life event zou specifiek onderzocht moeten worden om goed inzicht te krijgen in de verklarende waarde van elke factor. Voor een aantal factoren lijkt het beeld uit de literatuur over het effect niet eenduidig.
- Data over life events is vaak niet gekoppeld aan data over het mobiliteitsgedrag. Daarnaast betreft het jaarlijks maar een beperkt deel van de bevolking waardoor een fors aantal waarnemingen nodig is om dit te onderzoeken.
- Maar belangrijkste barrière lijkt de evenwichtsstructuur van de huidige transportmodellen waarbij voor een specifiek zichtjaar de mobiliteitsvraag wordt berekend in interactie met het aanbod. Opname van life events vraagt om een dynamische benadering waarbij veranderingen in de tijd expliciet worden meegenomen.

Er zijn verschillende opties om de genoemde data beperkingen te verhelpen. Optie 1 is om te onderzoeken in hoeverre life events uit de CBS microdata gekoppeld kunnen worden aan de ODin enquêtes. De CBS microdata bevat veel van de eerdergenoemde life events en koppeling met meerdere data jaren ODin/OViN zou een geschikte data basis kunnen opleveren om dit te onderzoeken. Optie 2 is het gebruik maken van retrospectieve enquêtes waarbij respondenten gevraagd wordt naar life events over een lange historische periode. Omdat life events zeldzaam en vaak ingrijpend zijn voor respondenten kunnen zij zich dit vaak goed herinneren. Vraag is een beetje in hoeverre dit ook geldt voor het dagelijkse mobiliteitsgedrag in die periode.

In eerste instantie bevelen wij aan om nader onderzoek te doen naar de effecten van life events op het mobiliteitsgedrag. Naast de effecten op het gedrag van de betrokken personen gaat het hierbij ook om de vraag hoe groot het effect hiervan is op het mobiliteitsgedrag van de gehele bevolking. Indien de effecten eenduidig zijn en van voldoende omvang worden geacht dan is een tweede stap het aanpassen van de modelstructuur om deze effecten mee te nemen.

Om deze effecten mee te nemen is het nodig om met een population simulator te werken in het model waarbij de verandering van de bevolkingssamenstelling expliciet wordt gemodelleerd, bijvoorbeeld via het gebruik van

geboortekansen of kans op verhuizen. Toegepast op individuele personen/huishoudens maakt het mogelijk om data te genereren over wie recent een life event heeft meegemaakt en wie niet. Het mobiliteitsgedrag van deze personen kan hierdoor beïnvloed worden op basis van de schattingen. Bij een dynamische toepassing, bijvoorbeeld met stappen van een jaar, lijkt het onhaalbaar gezien de benodigde rekentijd om jaarlijks een evenwicht te berekenen tussen de mobiliteitsvraag en aanbod. Op basis van de veranderingen in de sociaal-demografische en economische effecten zou jaarlijks de mobiliteitsvraag aangepast kunnen worden, waarbij vijf- of tienjaarlijks ook de toedelingseffecten worden doorgerekend.

3.4.2. Attitudes

Zoals eerder aangegeven vallen attitudes ook de categorie van variabelen die in een later stadium zouden kunnen worden meegenomen in verkeersmodellen. De voornaamste overwegingen hierbij zijn dat ze deels al worden gevangen door de sociaal-demografische en economische kenmerken, dat ze relatief lastig te meten zijn en voorspelbaar naar de toekomst en dat ze relatief sterk endogeen zijn aan reisgedrag. Toch is het op langere termijn interessant om attitudes te beschouwen, vooral omdat ze een hoge verklarende kracht hebben. Om die reden is het nu al zinvol om te bedenken hoe dit zou kunnen worden vormgegeven en welke data dit vereist, dus welke attitudes er gemeten zouden moeten worden.

Voor deze keuze is het op de eerste plaats belangrijk om onderscheid te maken tussen generieke attitudes en specifieke attitudes. Generieke attitudes zijn niet direct gerelateerd aan gedrag en meten algemene psychologische factoren, zoals persoonlijkheidskenmerken (bijv. de mate van extraversie), politieke voorkeuren of burgerschapsstijlen (zoals gedefinieerd door Motivaction). Specifieke attitudes, aan de andere kant, zijn wel direct gerelateerd aan gedrag. Hierbij kunnen verschillende aspecten een rol spelen, denk aan cognitieve elementen ('autorijden is slecht voor het milieu'), affectieve elementen ('ik vind autorijden leuk') of symbolische elementen ('de auto verleent mij status') (Steg, 2005). In transportonderzoek focust het merendeel van de studies zich op deze specifieke attitudes, al zijn er ook die naar generieke attitudes hebben gekeken, zie bijvoorbeeld Ai et al. (2019) die persoonlijkheid kenmerken correleren met reisgedrag. De voornaamste reden is dat specifieke attitudes sterker correleren met gedrag dan de generieke attitudes. Ajzen en Fishbein (1977), de grondleggers van één van de meest prominente gedragstheorieën in sociaalpsychologisch onderzoek (de Theory of Planned Behaviour), pleiten om die reden er ook voor om attitudes zo specifiek mogelijk te meten. Ook Prof. Mokhtarian zit op deze lijn en pleit ervoor om, afhankelijk van de hoeveelheid ruimte die er is in een vragenlijst, een set van specifieke attitudes op te nemen.

Hoewel dit dus de meeste zinvolle richting lijkt, hebben wij in eerder onderzoek aangetoond dat deze specifieke attitudes komen met een prijs; ze zijn sterker endogeen aan gedrag dan generieke attitudes (Kroesen en Chorus, 2018). In dit onderzoek gebruikten we panel data om vast te stellen in hoeverre zowel specifieke attitudes (gerelateerd aan het gebruik van de auto en OV) als een generieke attitude (iemand's politieke voorkeur gemeten op een schaal van links-rechts) correleren met huidig gedrag en voorspellend zijn voor toekomstig gedrag, en omgekeerd, in hoeverre huidig gedrag van invloed is op deze attitudes. De uitkomsten waren in lijn met de verwachtingen. De politieke voorkeur correleerde minder sterk met het huidige gedrag dan de specifieke attitudes. Daarnaast werd de toekomstige politieke voorkeur niet door het huidige gedrag beïnvloed en andersom was de politieke voorkeur ook niet voorspellend voor toekomstig gedrag. Bij specifieke attitudes was dit wel het geval, deze hadden wederkerige longitudinale effecten met gedrag, zoals in eerder onderzoek ook was vastgesteld (Kroesen et al., 2017).

Hoe kunnen we deze gevarieerde algemene inzichten vertalen naar een concrete aanpak? Ons inziens zou een tweeledig spoor kunnen worden gevolgd. Afgaande op de studie van Kroesen en Chorus (2018) is het naar ons idee toch zinvoller om specifieke attitudes te meten in plaats van generieke, aangezien de generieke attitudes waarschijnlijk

in het algemeen niet sterk voorspellend zijn voor het toekomstige gedrag. In lijn met de suggestie van Prof. Mokhtarian zou een zinvolle eerste stap zijn om een set van specifieke attitudes op te nemen in het nationale reisgedragsonderzoek (Onderweg in Nederland). Box 1 geeft een overzicht van de stellingen die gesuggereerd waren door Prof. Mokhtarian. Door deze consistent ieder jaar te meten kan ook vastgesteld worden of er bepaalde trends zijn in deze attitudes. Met de endogeniteit kan worden omgegaan door bij de uiteindelijke vertaling naar transportmodellen parameterschattingen van longitudinale data en modellen te gebruiken.

Box 1. Suggesties voor specifieke attitudes

Mode-specific attitudes

- I like the idea of **driving** as a means of travel for me.
- I definitely **want to own a car**.
- I like the idea of **public transit** as a means of travel for me.
- I like the idea of **walking** as a means of travel for me.
- I like the idea of **bicycling** as a means of travel for me.

Residential location preferences

- I prefer to live in a **smaller home** like an apartment or condo for its amenities and/or convenient location, even if it means more noise and less privacy due to close neighbors.
- I prefer to live in a **larger home**, even if it's farther from public transportation or many places I go.

Travel pressure

- My **commute** is stressful.
- I would **pay extra to reduce the time** I spend in daily traveling.

Pro-environment

- I am committed to an **environmentally-friendly lifestyle**, even if it requires some extra cost or inconvenience.

Teleworking

- Having the option to telework would be among the most **important features for my job** to have.
- Teleworking would **blur the boundary** between my personal and work lives too much.

Tech-savvy

- I am confident in my ability to **use modern technologies**.

Naast dit spoor adviseren we op zoek te gaan naar attitudes die sterk voorspellend zijn voor reisgedrag, terwijl ze toch hun exogeniteit behouden. Uiteenlopende attitudes (persoonlijkheid, burgerschapstijlen, politieke voorkeur) zouden op exploratieve wijze getoetst kunnen worden in termen van voorspellende kracht en mate van endogeniteit. Om dit vast te stellen is het noodzakelijk dat ze minimaal twee keer worden gemeten binnen een panel. Het mobiliteitspanel Nederland zou hier zeer geschikt voor zijn. Bij politieke voorkeur (links-rechts) gaat primair om de beoogde rollen van markt en overheid. Het is niet heel verrassend dat deze weinig voorspellende waarde heeft voor (toekomstig) reisgedrag (Kroesen & Chorus, 2018). Wellicht echter dat burgerschapstijlen, die aspecten als traditionele versus postmodernistische waarden en statusgevoeligheid proberen te vatten, wel sterk correleren met reisgedrag, en toch hun exogeniteit behouden.

Hoewel het nog te vroeg is om attitudes in transportmodellen te verwerken, vormen deze twee onderzoeksporen een belangrijke opmaat om dit in de toekomst wel te kunnen verwezenlijken. De sporen kunnen uiteraard ingezet worden parallel aan het continueren van de huidige praktijk. Gegeven de tijd die nodig is om data verzamelen (meerdere jaren om trends te kunnen ontdekken) is het zinvol om hiermee te starten. Aan de hand van deze data zou het mogelijk zijn om geobserveerde trends in attitudes te extrapoleren. Door met scenario's te werken met verschillende

veronderstellingen over hoe de attitudes zich zullen ontwikkelen kan vervolgens de bandbreedte worden vastgesteld in de variatie in reisgedrag dat mogelijk is onder verschillende "attitudescenario's".

Referenties

- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1977). Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological bulletin*, 84(5), 888.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Ai, P., Liu, Y., & Zhao, X. (2019). Big Five personality traits predict daily spatial behavior: Evidence from smartphone data. *Personality and Individual Differences*, 147, 285-291.
- Bamberg, S., Ajzen, I., & Schmidt, P. (2003). Choice of travel mode in the theory of planned behavior: The roles of past behavior, habit, and reasoned action. *Basic and applied social psychology*, 25(3), 175-187.
- BOVAG (2023). Aandeel e bikes in fietsverkoop blijft stijgen in 2022. Online beschikbaar: <https://www.bovag.nl/nieuws/aandeel-e-bikes-in-fietsverkoop-blijft-stijgen-in#:~:text=De%20opmars%20van%20de%20e,te%20schrijven%20aan%20e%2Dbikes>.
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation research part D: Transport and environment*, 2(3), 199-219.
- Chingcuanco, F., & Miller, E. J. (2014). A meta-model of vehicle ownership choice parameters. *Transportation*, 41(5), 923-945. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-014-9514-9>
- De Haas, M. C., Scheepers, C. E., Harms, L. W. J., & Kroesen, M. (2018). Travel pattern transitions: applying latent transition analysis within the mobility biographies framework. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 107, 140-151.
- De Haas, M., Kroesen, M., Chorus, C., Hoogendoorn-Lanser, S., & Hoogendoorn, S. (2022). E-bike user groups and substitution effects: evidence from longitudinal travel data in the Netherlands. *Transportation*, 49(3), 815-840.
- De Vos, J., Ettema, D., & Witlox, F. (2018). Changing travel behaviour and attitudes following a residential relocation. *Journal of transport geography*, 73, 131-147.
- Gössling, S., Humpe, A., & Bausch, T. (2020). Does 'flight shame' affect social norms? Changing perspectives on the desirability of air travel in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 266, 122015.
- Haustein, S., Kroesen, M., & Mulalic, I. (2020). Cycling culture and socialisation: modelling the effect of immigrant origin on cycling in Denmark and the Netherlands. *Transportation*, 47(4), 1689-1709.
- Kattiyapornpong, U., & Miller, K. E. (2009). Socio-demographic constraints to travel behavior. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, 3(1), 81-94.

Kroesen, M. (2017). To what extent do e-bikes substitute travel by other modes? Evidence from the Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 377-387.

Kroesen, M. (2019). Residential self-selection and the reverse causation hypothesis: Assessing the endogeneity of stated reasons for residential choice. *Travel Behaviour and Society*, 16, 108-117.

Kroesen, M., & van Wee, B. (2021). Autobezit en autogebruik onder jongeren en visies ten aanzien van deelmobiliteit. Online beschikbaar:
https://pure.tudelft.nl/ws/files/111023528/Onderzoeksverslag_trends_in_autobezit_en_visies_deelmobiliteit_15_09_2021.pdf

Kroesen, M., Handy, S., & Chorus, C. (2017). Do attitudes cause behavior or vice versa? An alternative conceptualization of the attitude-behavior relationship in travel behavior modeling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 101, 190-202.

Kroesen, M., & Chorus, C. (2018). The role of general and specific attitudes in predicting travel behavior—A fatal dilemma?. *Travel behaviour and society*, 10, 33-41.

Kroesen, M., Le, H. T., De Vos, J., Ton, D., & de Bruyn, M. (2023). Revealing latent trajectories of (intended) train travel during and after COVID-19. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 124, 103952.

Lades, L. K., Kelly, A., & Kelleher, L. (2020). Why is active travel more satisfying than motorized travel? Evidence from Dublin. *Transportation research part A: policy and practice*, 136, 318-333.

Lanzendorf, M. (2003). Mobility biographies: A new perspective for understanding travel behaviour. In Paper presented at the 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne, August 2003.

La Paix, L. Oakil, A.T., Hofman, F. & Geurs, K. (2021) The influence of panel effects and inertia on travel cost elasticities for car use and public transport. *Transportation*, 49, 989-1016

Maltha, Y., Kroesen, M., Van Wee, B., & van Daalen, E. (2017). Changing influence of factors explaining household car ownership levels in the Netherlands. *Transportation research record*, 2666(1), 103-111.

Michie, S., Van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel: a new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation science*, 6(1), 1-12.

Müggenburg, H., Busch-Geertsema, A., & Lanzendorf, M. (2015). Mobility biographies: A review of achievements and challenges of the mobility biographies approach and a framework for further research. *Journal of Transport Geography*, 46, 151-163.

Oakil, A. T. M., Manting, D., & Nijland, H. (2016). Dynamics in car ownership: the role of entry into parenthood. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 16(4).

Scheiner, J. (2018). Why is there change in travel behaviour? In search of a theoretical framework for mobility biographies. *Erdkunde*, 72(1), 41-62.

Significance (2023) Strategisch Personenauto Rekenkader (SPARK) Technische documentatie versie 1.3.0, 29 november 2023 (beschikbaar via <https://www.pbl.nl/publicaties/spark-een-nieuw-landelijk-personenautoparkmodel-van-pbl-en-rws>)

Significance (2023) Values of Time, Reliability and Comfort in the Netherlands 2022, Rapport 19022, opgesteld voor het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (beschikbaar via <https://www.kimnet.nl/publicaties/publicaties/2023/12/04/nieuwe-waarderingskengetallen-voor-reistijd-betrouwbaarheid-en-comfort>)

Steg, L. (2005). Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39(2-3), 147-162

van Wee, B., & Kroesen, M. (2022). Attitude changes, modelling travel behaviour, and ex ante project evaluations. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 16, 100724.

Van Wee, B., Annema, J. A., & van Barneveld, S. (2023). Controversial policies: growing support after implementation. A discussion paper. Transport Policy, 139, 79-86.

Zondag, B., F. Hofman & J. Willigers (2022). A simple model versus a complex model; what do we gain? European Transport Conference, Milan, Italy

Zhou, M., & Wang, D. (2019). Generational differences in attitudes towards car, car ownership and car use in Beijing. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 72, 261-278.

Bijlage 1: overzicht persoons- en huishoudkenmerken

Overzicht meegenomen persoons- en huishoudkenmerken in modellen											
		NL LMS	Amsterdam VMA	Rotterdam/DH MRDH	Utrecht stad VRU	Utrecht Prov Stravem	Brabant BBMA	Parijs, Ile-de-France Antonin	Vlaanderen 4G model	Oostenrijk nationaal	Denemarken Compass or GMM
Huishoud- kenmerken	Huishoudinkomen	10 cat.	10 cat.		-	5 cat.	-	10 cat.	6 cat.	5 cat.	Continu
	Autobeschikbaarheid	4 cat. (combinaties aantal rijbewijs/auto in hh)	4 cat. (combinaties aantal rijbewijs/auto in hh)	autobeschikbaar en niet autobeschikbaar (4 cat: geen, 1,2 en 3 of meer)	2 cat. (AB of NAB)	via persoonstype	Aanwezig maar onduidelijk hoe o.b.v. documentatie	4 cat. (combinaties aantal rijbewijs/auto in hh)	(enkel bezit)	3 cat.	aantal auto's beschikbaar, onderscheid naar 3 typen
	Aantal personen, volwassen en kinderen	4 cat.	4 cat.		-			4 cat.	Discrete opname van gezinsleden	5 cat. voor alle personen; 2 voor onder 6 jaar en 2 voor 6-17 jaar	8 cat onderscheid naar met FT, PT werkers, pensioen, other, student, scholieren (middelbaar, basis, onder 5 jaar)
	Ander hh kenmerken								relatie tussen personen (partner vriend, kin, broer /zus),		Optie voor type woning
	parkeeren opties voor hh								privé parkeerplaats thuis (of zonder kosten/problemen), bewonerskaarten, betalend parkeerplaatsen		
	Overig										
Persoons- kenmerken	Gender	2 cat. (M/V)	2 cat. (M/V)		-	2 cat. (M/V)	2 cat. (M/V)	2 cat. (M/V)	2 cat. (V/M)	2 cat.	2 cat
	Leeftijd	8 cat.	9 cat.	inwoners leeftijd 0-11 en 11-34 en leerlingenplaatsen leeftijd 0-11 leeftijd 11+ voor H-B berekening bij onderwijs	2 cat (0-34 en >34 jr)	5 cat.	4 cat per gender	5 cat.	leeftijdjsjaar, continu van 0 tot 120	7 cat.	leeftijdjsjaar
	Persoonlijk inkomen	10 cat.									continu
	Maatschappelijke participati	5 cat.	8 cat.			5 cat.		4 cat.	4 cat.	4 cat.	8 cat onderscheid naar met FT, PT, pensioen, student, werkeloos, other, student met baan, zelfstandige
	werk/schooltype										8 cat, Ft, PT, pensioen, niet werkzaam, student universiteit, hoger onderwijs, basis/middelbaar, onder 5
	Opleidingsniveau	3 cat.							3 cat.	5 cat.	
	Type werk			3 categorieën aan bestemmingskant (arbeidsplaats)	2 cat (arbeidsplaatsen detailhandel en overig)		12 cat.	2 cat. (blue/white collar)	5 cat. (blue/grey/white/zorg/on derwijs)		Betaald werk (Ft/PT) of niet
	Stedelijkheidsgraad	7 cat	5 cat.	6 cat.	5 cat. (CBS)	5 cat.	5 cat	3 regio's	zonale densiteit als continue variabele	4 cat.	
	Ethniciteit										
	parkeren werk								privé parkeerplaats werk		wel/niet betalen op werklocatie
	vervoer naar werk								Salariswagen		gebruikelijke vervoerwijze, auto tijd en afstand naar werk
	tijdstip arriveren /vertrekken werk										Gebruikelijk tijdstip aankomst en vertrek van werk
	Overig								Bereidheid gebruik PnR, selectie voor wie het een optie is		Auto tijd en afstand naar school
Persoonsbezit	Studentenkaarthouder	ja						(inbegrepen bij OV-abonnementen)			
	Rijbewijs	ja	ja					ja	ja		ja
	fiets			1 cat (fiets en bromfiets, scooter)							
	e-bikes	ja		geen cat. aandeel E-bike beïnvloedt gemiddelde snelheid fiets		ja, generiek aandeel per motief (onderwijs/overig)	ja, aandeel fietsverkeer		2 cat. (eBike/SpeedPedelec)		
	scooter/brommers			geen valt onder fiets							
	motor			geen; valt onder personenauto				ja			
	Auto	(via autobeschikbaarheid in huishouden)	(via autobeschikbaarheid in huishouden)	via huishouden		autobezit 3 cat. (geen/gedeeld/hoofdgebruiker)	(via autobeschikbaarheid in huishouden)	(via autobeschikbaarheid in huishouden)	neen, huishoudens bezitten auto en gezinsleden krijgen deze ter beschikking		via huishouden
	OV-abonnementen							Ja naar type	ja	Ja, abonnementen en kortingskaarten	ja
Huishoudbezit	Auto	4 cat.	3 cat		ja	via persoonsbezit (optie gedeeld)	Aanwezig maar onduidelijk hoe o.b.v. documentatie	4 cat.	5 cat	3 cat.	aantal auto's beschikbaar, onderscheid naar 3 typen
Basisdata	Basissdata	OVIN, aanvulling micro data	OVIN	OVIN met verdichting MRDH, GSM data voor auto en OV chipkaart voor trein en BTM	OVIN	OVIN	OVIN	EGT (huishouden enquête)	OVG's, StatBEL-verdelingen, SEE-microdata	Österreich Unterwegs	Nationla travel Survey data icm specieke survey op huishoudniveau naar activiteiten/tijds-besteding
	Opmerking	indientiek voor NRM en VENOM	basis nieuwste update VENOM		zie Tech Rapp, geaggr mdl (bijlage)	SEGs verzameld conform NRM-systematiek	met v2026 grote update op o.a. SEGs		huishoudens en personen worden op microniveau voorgesteld, dus geen klassen of segmenten maar lijst van 11 mio personen en 6 mio huishoudens		huishoudens en personen worden op microniveau voorgesteld

Bijlage 2: interviews

Interview Kim Ruijs

De geïnterviewde Kim Ruijs heeft een academische achtergrond als psycholoog met als specialisatie gedragsverandering. Vanuit haar specialisatie is zij werkzaam geraakt op het terrein van de mobiliteit en betrokken geweest bij een groot aantal studies op het terrein van veranderingen in het mobiliteitsgedrag. Nadat zij werkzaam is geweest in de consultancy op dit terrein is zij nu werkzaam bij de provincie Utrecht op het thema van fietsstimulering binnen de provincie. Het type studies waarbij zij betrokken is bestaat zowel uit meer algemene studies ter stimulering van het fietsgebruik als meer specifiek projectgebonden studies om het fietsgedrag te beïnvloeden. Bij project specifieke studies kan het bijvoorbeeld gaan om het bevorderen van het gebruik van een nieuwe doorfietsroute. Een meer algemene stimulering vindt bijvoorbeeld plaats via de fiets app van de provincie waarbij beloningen verdiend kunnen worden bij voldoende fietsgebruik, bij beloningen kan gedacht worden aan kortingen op producten of het geven van giften aan goede doelen.

Een studie begint veelal met het beschrijven van de strategische opgave, welke verandering is gewenst. Om invulling te geven aan de opgaven wordt er daarna een **doelgroepen analyse** uitgevoerd waarbij er gezocht wordt naar relevante doelgroepen o.a. op basis van: 1) omvang, voldoende omvang is nodig om de doelgroep interessant te maken, 2) noodzaak tot gedragsverandering voor de doelgroep, bijvoorbeeld door afsluiting van een weg, door de omstandigheden staan mensen dan meer open voor gedragsverandering en 3) mate waarin de doelgroep openstaat voor verandering. Het laatste aspect wordt veelal beoordeeld op basis van eerdere ervaringen en projecten. Het type doelgroepen waar de onderzoeken zich voornamelijk op richten komen redelijk goed overeen met veel gebruikte persoonskenmerken in de transportmodellen, voorbeelden zijn schoolgaande kinderen, studenten, forensen of ouderen. Minder vaak meegenomen in de modellen maar relevant voor het fietsgedrag is ook het onderscheid naar niet westerse migranten. Het onderscheid naar leefstijlen (bv. kosmopolieten of conservatieven) wordt door Kim niet gebruikt en voegt naar haar ervaring ook weinig toe aan de eerder onderscheiden doelgroepen.

Afhankelijk van het type project kan er een aanvullende **trechtering** plaatsvinden. Bijvoorbeeld indien het gaat om het bevorderen van het gebruik van een doorstroom fietsroute kan er gebruik gemaakt worden van Floating Car Data (FCD) om te kijken voor wie de doorfietsroute interessant kan zijn. Op basis van verkeersstromen wordt gekeken naar de richting waar men zich verplaatst en de lengte van de verplaatsing. Als dat een fietsbare afstand is in de omgeving waar bijvoorbeeld een doorfietsroute ligt, dan is het interessante groep om op te focussen. Op basis van deze analyses kunnen specifieke bedrijven, scholen of woongebieden benaderd gaan worden.

In de daaropvolgende fase vindt veelal onderzoek plaats via het uitzetten van **vragenlijsten** (kan ook via app) bij betrokkenen. Het doel van de vragenlijsten is om nader inzicht te krijgen in het huidige reisgedrag en in de barrières tegen verandering bij de respondenten. Bij vervolganalyses wordt er dan primair gekeken naar motieven en barrières waaraan iets veranderd kan worden. De weerstanden kunnen vaak onderverdeeld worden naar: 1) Reactance: gevoel van vrijheidsbeperking (iemand probeert me te beïnvloeden), 2) Scepticisme: weerstand naar inhoud en 3) Inertia: weerstand tegen verandering, geen zin om te veranderen. Naast onderzoek via vragenlijsten wordt er ook veelvuldig gebruik gemaakt van praktijkexperimenten (trial and error) waarbij er gekeken wordt naar veranderingen in de praktijk.

Bij het bepalen van de **strategie tot gedragsverandering** kan gebruik gemaakt worden van inzichten over de belangrijkste motieven en weerstanden. Zo kan er bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van veranderingen in het leven van mensen (krijgen kind) of de omgeving (afsluiting weg, nieuwe woonwijk) om tot verandering in het mobiliteitsgedrag te komen. De inertia of kracht van de gewoonte is op deze momenten minder. Een ander relevant aspect is sociale beïnvloeding waarbij bijvoorbeeld de sceptische houding bij mensen kan verminderen door het gedrag van mensen in de omgeving. Het gaat hierbij veelal om aspecten welke nu niet meegenomen worden in de huidige modellen. Vanuit haar ervaringen benadrukt Kim wel dat zij veelal werken met een persoonsgerichte aanpak om barrières te overwinnen en minder met een generieke benadering.

Mogelijke lessen voor de modellen (interpretatie interviewer):

- Bij het opzetten van studies wordt veelal met dezelfde kenmerken rekening gehouden welke ook onderdeel zijn van de modellen, zoals persoonskenmerken, type gebied (stedelijkheid) en mobiliteitspatroon. Vaak wel op een gedetailleerder niveau.
- Het werken met leef-/mobiliteitsstijlen lijkt niet tot een betere aanpak te leiden dan het gebruik van meer directe persoons- en omgevingskenmerken.
- Een meer psychologische aanpak kan aanvullend inzicht leveren in waar de weerstanden zitten bij mensen tegen gedragsveranderingen en wat mogelijke momenten en ontwikkelingen zijn om deze te overwinnen. Het niet rekening houden met deze aspecten (sociale beïnvloeding, discontinuïteiten) kan de uitkomsten vertekenen.

Interview Gerard Tertoolen

De geïnterviewde Gerard Tertoolen heeft een academische achtergrond als psycholoog. Hij was een pionier op het terrein van mobiliteit en psychologie met zijn proefschrift hierover. In die periode, jaren '90, was de dominante benadering van mobiliteitsvraagstukken een ingenieursbenadering met weinig aandacht voor het menselijke gedrag. Na zijn promotie is hij werkzaam gebleven op het raakvlak van psychologie en mobiliteit achtereenvolgens voor Rijkswaterstaat (AVV), het programma Mobiliteit van de toekomst, TNO en nu in zijn huidige werkzaamheden voor XTNT en een eigen bedrijf. Tijdens het interview is er gesproken over de gebruikte onderzoeksmethoden, welke relevante factoren (en samenhang) er hierbij naar voren komen die het gedrag beïnvloeden en hoe dit zich verhoudt tot de huidige stand van modelleren van gedrag in de modellen.

De **onderzoeken** op het terrein van mobiliteit en psychologie maken veelvuldig gebruik van vragenlijsten om inzicht te krijgen in het mobiliteitsgedrag en de achterliggende redenen en barrières. In deze vragenlijsten wordt er onder meer gevraagd naar sociaal-economische en demografische kenmerken welke veelal ook gebruikt worden in de vraagmodellen. De vragen hierover zijn echter maar een zeer beperkt deel van de vragenlijst en daarnaast is de bereidheid om deze vragen in te vullen in de praktijk vaak ook beperkt. De focus van de gebruikte vragenlijsten ligt meer op het verkrijgen van inzicht in de attitudes, de sociale context en eerdere ervaringen van de respondenten met verschillende reisopties (nooit gebruikt, een paar keer, veelvuldig).

Bij de **beschikbaarheid van infrastructuuropties** wordt er veelal gezocht naar hoe de respondent dit ervaart. Hierbij wordt er niet zozeer gekeken naar objectieve kenmerken, bijvoorbeeld een station op 5 minuten lopen, maar naar de persoonlijke beleving. Ervaring heeft geleerd dat mensen met dezelfde reisopties hier zeer verschillend naar kijken, dit kan door veel verschillende factoren komen uiteenlopend van de gezondheid van de persoon, type werk dat mensen hebben (bv. moeten er spullen mee) of hoe mensen in het leven staan.

De vragenlijsten worden vaak gevolgd door **verdiepende interviews** met respondenten gericht op de persoonlijke situatie. Algemeen is vanuit de psychologie de insteek om de individuele benadering (persoon of bedrijf) te volgen en is het motto hoe kleiner hoe beter. Dit staat redelijke diametraal op de aanpak bij de modellen waarbij er op basis van ingevulde vragenlijsten juist gezocht wordt naar statistisch significante factoren die voor grotere groepen gelden.

Veel van de onderzoeken richten zich op **attitudes**, zoals milieubewustzijn, maar dit is vaak maar een beperkte indicatie voor de mogelijkheden om het gedrag te veranderen. In eerdere onderzoeken is hier aanvullend ook gevraagd naar de actiebereidheid van mensen, dit is veelal een betere indicator voor de mogelijkheden tot gedragsverandering. Een andere complicatie is dat attitudes een sterke interactie hebben met gedrag en dat ons gedrag ook in hoge mate onze attitudes beïnvloeden. Aanvullend zijn de attitudes van mensen vaak ook minder tijdsbestendig dan gehoopt en spelen ook allerlei andere ontwikkelingen een rol, zo zal tijdens een economische crisis milieubewustzijn voor veel mensen minder belangrijk zijn dan in betere economische tijden.

Het beschrijven van mobiliteitsgedrag via leefstijlen of mobiliteitstijlen is dan ook lastig en hiermee moet voorzichtig worden omgegaan. Een belangrijke complicatie is dat deze indelingen vaak niet zo hard zijn en dat mensen vaak moeilijk hierin zijn te vangen. Dit kan er toe leiden dat dezelfde persoon die op meerdere momenten de vragenlijst invult bij verschillende mobiliteitstijlen wordt ingedeeld.

De **sociale context** speelt een belangrijke rol in het gedrag van mensen en in hoge mate zijn mensen kuddedieren. Vanuit de transitietheorie wordt bijvoorbeeld aangehouden dat als 20% om is de transitie daarna veel sneller gaat. Het meenemen van dit aspect is daarom belangrijk bij het bereiken van gedragsveranderingen.

Eerdere **ervaringen** spelen een belangrijke rol in het gedrag van mensen en veel van de gemaakte reizen komen voort uit gewoontegedrag. Om tot veranderingen te komen kan het interessant zijn om te weten of mensen al eerdere ervaringen hebben met alternatieven, hierbij kan het hebben van ervaring zowel positief als negatief uitpakken. Bij het bespreken van ervaringen komt er ook een zogenoemde groep *captives* naar voren die in principe geen andere opties overwegen. In de praktijk worden er *captives* gevonden voor de auto, OV en voor de fiets.

Advies in het algemeen is dat er voorzichtig omgesprongen moet worden met **modeluitkomsten** voor specifieke situaties en bevolkingsgroepen. Aanvullend kwalitatief onderzoek is hier nodig om het beeld te verbreden en te voorkomen dat generieke transportmaatregelen hun doel voorbij schieten. Voorbeeld is de vraag of een specifieke groep met een slechte bereikbaarheid echt geholpen wordt met een nieuwe bushalte of fietsverbinding. Er is een gerede kans dat de groep- of persoonspecifieke barrières onvoldoende zijn meegenomen in de modellen om tot effectieve oplossingen te komen.

Interview Patricia Mokhtarian

Patricia Mokhtarian is a Professor in the field of travel behaviour at the Georgia Institute of Technology (US).

At the beginning of the interview, we presented the conceptual model (Figuur 1 - Conceptualisatie van de factoren die reisgedrag bepalen).

What are the benefits and drawbacks/barriers to consider these factors in transportation models?

1. Socio-demographic factors are critical for explaining travel behaviour. They explain a substantial part of the variance in the behaviour, they are easiest to measure and to forecast. They can also be proxy for attitudes.
2. Including life-events can also be very important: they can change habits. The fact that we do not know much about them (and rarely use them) is due to a lack of data, not due to a lack of importance.
3. Ownership of modes is easy to measure and is certainly important for explaining travel behaviour, but it has causality issues: do you use a car because you own one? Or do you own a car because you need to use one? These factors are easy to observe, but not always easy to model (e.g. car sharing, public transport subscriptions).
4. Built environment factors are also important, but you need to keep the issue of self-selection in mind: people who like to use public transport are more likely to decide to live close to a train station. Note that these factors are related to life-events. The place where you spent your formative years influences your travel decisions, though they can also be overwritten by new life events. Also note that socio-demographic factors generally explain more than built environment factors – or at least (since socio-demographic factors are correlated with the built environment – larger and higher-income households tend to live in larger homes and less dense areas – and therefore compete with each other for explanatory power), once socio-demographic factors are controlled for, there is less for the built environment to explain.
5. Attitudes can explain additional variance in behaviour on top of other factors, but more importantly: attitudes explain behaviour in a different way. If you don't include them, you may not fully understand the heterogeneity of travel behaviour. These factors absolutely add explanation power to your model.

Which data are needed to be able to include these factors in travel models?

Travel demand models are usually based on travel diaries and travel surveys. These datasets typically include information on socio-demographic factors, on ownership of modes, and some built environment factors. However, they do not include information on attitudes. The main reason for this is a concern not to overburden respondents. But on the other hand, surveys are becoming easier, e.g. due to mobile phone tracking (so that locations and routes no longer have to be asked to the respondent). Furthermore, having a few attitude questions at the beginning of the survey can also help to improve response rates. Therefore, Patricia hopes that future surveys can include a few attitude questions. Then we can start learning more about them, and how they should be used in travel demand models.

However, it requires certain skills to formulate these questions. There is a serious risk that the answers are misunderstood. For example, suppose the following statement is presented to respondents: "My household can get by with fewer automobiles than currently". Disagreeing can mean different things. It could mean: (1) the household already worked on reducing their carbon footprint and have reduced their number of cars to its minimum; (2) the household would really like to reduce their carbon footprint but there are other factors that prevent the reduction of the number of cars; (3) the household is not interested in reducing their carbon footprint and categorically does not agree with any reduction in the number of cars for their household. So one answer can mean different things. Furthermore, social desirability can also influence the answers that are given.

For future forecasts you need to know how the future distributions of inputs look as well as the changes in parameters. Neither can be assumed to be constant. How to deal with this?

For socio-demographic factors, it is quite customary to make forecasts. With respect to stability of parameters, this is more often assumed than tested, but there are a few academic papers on this topic (e.g. Chingcuanco &

Miller (2014) on repeated cross-sectional data). Furthermore, there is quite some literature available on the transferability of estimated parameters in time/space.

Attitudes are also influenced by behaviour. That is a problem, but that shouldn't hold us back, because there *are* methods to account for reverse-causality and endogeneity. Patricia states that the impact of attitudes on travel behaviour is a strong first-order effect. The reverse relation is a longer-term feed-back loop, i.e. a second-order effect.

How should we forecast attitudes? Note that the assumption that attitude coefficients are constant over time is also a strong assumption.

How stable attitudes are over time is not yet known. There is only relatively little research on this in transportation, although a bit more in the general psychology/sociology literature. This question should be part of the long-term research agenda. Addressing it will require longitudinal survey data, trend analysis, and likely other modelling efforts. Note that this is not an argument against using attitudes in models. Models are never exact representations of reality. So, any improvement that we can make, is a good idea (though it might come with additional assumptions).

Do you know any real-world models that already include these factors?

Most models include socio-demographic factors and have vehicle ownership components. Some even have a bicycle ownership model and/or a public transport pass ownership model. Most have some kind of residential location variable included and some even have a whole bunch of (aggregate) built environment variables. Patricia is not aware of any real-world example of a model that includes attitudes. But she is currently involved in serious conversations with two regional planning agencies in the US about including attitudinal questions in their next household travel survey. If succeeding in doing so, her team will then be able to demonstrate the value of including those attitudes in practice-oriented models built using that data.

[After the meeting Patricia shared a few candidate attitude questions that can be considered for inclusion in a household travel survey, while noting that the exact list would of course depend on what is important to the survey sponsor, and could well require different questions. In the interview she also mentioned "I'm generally satisfied with life." as a commonly-used measure of subjective well being.]

Mode-specific attitudes

- I like the idea of **driving** as a means of travel for me.
- I definitely **want to own a car**.
- I like the idea of **public transit** as a means of travel for me.
- I like the idea of **walking** as a means of travel for me.
- I like the idea of **bicycling** as a means of travel for me.

Residential location preferences

- I prefer to live in a **smaller home** like an apartment or condo for its amenities and/or convenient location, even if it means more noise and less privacy due to close neighbors.
- I prefer to live in a **larger home**, even if it's farther from public transportation or many places I go.

Travel pressure

- My **commute** is stressful.
- I would **pay extra to reduce the time** I spend in daily traveling.

Pro-environment

- I am committed to an **environmentally-friendly lifestyle**, even if it requires some extra cost or inconvenience.

Teleworking

- Having the option to telework would be among the most **important features for my job** to have.
- Teleworking would **blur the boundary** between my personal and work lives too much.

Tech-savvy

- I am confident in my ability to **use modern technologies**.

How many attitudinal questions should be included in such a survey?

Conventional wisdom among psychometricians (i.e. professionals who measure such psychological characteristics) is that at least three to five questions are needed for each construct or dimension of an attitude you want to measure. In my research-oriented surveys I can have 30-40 attitudinal statements, but that is out of reach for a household travel survey. 10-15 would be practical.

Do we already know enough about attitudes for them to be included in practical models?

No. But we definitely should start experimenting with it.

In the final part of the interview, residential self-selection was discussed. Afterwards, Patricia provided two papers on this topic (which are available upon request).

After the completion of the interview, Patricia informed us that

By the way, since we talked, I stumbled across a whole literature that looks very interesting, and may be relevant to our conversation. If you perform Google Scholar searches on <"agent-based simulation" attitudes> and <"world values survey" agent-based simulation>, it turns up thousands of hits. Apparently it's a "thing" to assign attitudes to avatars in an agent-based model (where the distribution of attitudes conforms to a real-world data collection, e.g. the World Values Survey database which is available to researchers -- <https://www.worldvaluessurvey.org/wvs.jsp>), and then simulate the evolution of those attitudes over time, given certain rules/guidelines. This seems quite "adjacent" to how I see attitudes being used in a real-world travel demand forecasting (or scenario-testing) context.

Interview Kostas Goulias

Kostas Goulias studied in Italy and moved to the US. He is currently Professor of Transportation in the Department of Geography at UCSB. He mainly works on travel behaviour and has developed transport models for e.g. Los Angeles and Qatar. For his PhD-thesis he used MIDAS-data (i.e. data from the former longitudinal panel in the Netherlands).

At the beginning of the interview, we presented the conceptual model (see Figure 1).

Kostas used **socio-demographic factors** in activity-based models, since it is known that those are determinants of everything that the person does in a day. And not only do they explain a certain fraction of the choice behaviour, they are also important for forecasting since these socio-demographic factors may change over time.

On **life-events**: he found in a study in Seattle that the birth of a child did not impact car ownership, probably since everybody already had a car available. It is also very difficult to measure the impact of a divorce since that those households regularly drop out of a panel during such a period. Any difference in the effect of a divorce between men and women might be due to a bias related to drop-outs. Low-income respondents might consider life events more detrimental to their quality of life than high-income people since they have fewer possibilities to counter those negative effects.

Another possibility to collect data on the effect of life-events is to revert to retrospective and prospective questions (what did you do in the past / what do you expect to do in the future), but this method has difficulties as well. Besides age and gender, income and place of residence are important factors. But also place of work, work arrangements (parttime / work from home) and place of school are important explanatory variables. Place of work can be ambiguous since some people may work from multiple places (even from abroad). Some people might even have multiple places of residence. In his activity-based models Kostas simulates the place of residence/work/school after the life-events but before the ownership of modes.

Availability of charging stations for your BEV around your home or work location is also a determinant for choice. Or the other way around: people are more likely to choose a BEV-car if a charging station is available, or if they live in a house with solar panels.

On **attitudes**: it is very difficult to bring personality types into a household level model. Including people's attitude towards the environment might be feasible, but how do you predict the percentage of people with pro-green attributes for the future? And can you assume that the parameters of the pro-green people remain constant over time? Though it might be possible to work with scenarios for this.

But sometimes the relation between attitudes and choice is complicated. Kostas found in a study on the willingness to buy autonomous and electric cars in the San Francisco Bay Area that for a certain group of people their propensity to buy such a car increased with their perception of the negative risks of those cars. This group of people could be identified as high-income, high-educated, mostly men that live in the areas where high-tech companies are located. These people tolerate the increased risk of accidents because of their knowledge of the technology. They still trust it more than driving themselves. But whether this can be generalised to e.g. the Los Angeles area with its higher level of diversity is unknown.

These attitudes are strongly correlated to socio-demographic characteristics, but they still add something to the explanatory power. Therefore Kostas prefers to use both. To determine the attitudes, the trick is to select those 4-5 questions with the highest correlation with the relevant choice behaviour. There should be at least one question about environmentally friendly modes, e.g. "do electric cars benefit the environment" (though a "no" to this question might be multi-interpretable).

A practical implementation of attitudes into discrete choice models is through the use of latent class models in which attitudes are used to explain the class membership. In this way, you get better elasticities and also you can identify which groups of people are more willing to pay for certain attributes than others.

On the use of **longitudinal data**: a cost coefficient found in a cross sectional analysis for instance can be understood as the long term impact of cost (equilibrium point), whereas the one found in a longitudinal analysis can be used to determine the trend on how this impact changes over time.