

Urban Tools NEXT: Wat hebben wij bereikt?

Stap naar betere stedelijke en regionale verkeersmodellen

Erik de Romph – TNO – erik.deromph@tno.nl

Will Clerx – Gemeente Rotterdam – wcg.clerx@rotterdam.nl

Bruno Kochan – Universiteit Hasselt – bruno.kochan@uhasselt.be

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
21 en 22 november 2019, Leuven

Samenvatting

Verkeersmodellen spelen in alle grote steden en regio's in Nederland een belangrijke rol voor inzicht en besluitvorming rond grote investeringen. Veel van de huidige modellen lijken minder goed in staat om vragen over nieuwe mobiliteitsdiensten en Mobility as a Service (MaaS) te beantwoorden. In het onderzoek Urban Tools Next is onderzocht of een ander type model, een zogenaamd Activity Based Model (ABM), daar beter geschikt voor is. Om dit te onderzoeken is een prototype model gebouwd voor de gemeente Rotterdam, het Activity Based Model Rotterdam (ABMR). De belangrijkste onderzoeksvraag daarin was of het mogelijk is een ABM op deze schaalgrootte te maken tegen redelijke kosten en of de software en de data voorhanden is. Daarnaast is onderzoek gedaan naar de invloed van leefstijlen op mobiliteitskeuzes en zijn twee MaaS-scenario's doorgerekend.

Het ABMR is gebaseerd op hetzelfde netwerk en basisjaar als het huidige Verkeersmodel Metropoolregio Rotterdam-Den Haag (V-MRDH 2.0). Het model is geschat op basis van het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OViN). Het bleek goed mogelijk alle keuzemodellen binnen het ABMR te schatten en het model reproduceert het gedrag in OViN redelijk goed. Het opstellen en schatten van de utility functies voor vervoerswijzekeuze en locatiekeuze bleek een tijdrovend proces maar zal bij een andere toepassing of update aanzienlijk sneller verlopen. De fit op tellingen is redelijk maar hieruit blijkt wel dat een dergelijk model nog steeds gekalibreerd moet worden. Naast het opstellen van een basisjaar model en een prognosejaar model is ook onderzoek gedaan naar het modelleren van MaaS. Daarin is ook onderzocht in hoeverre leefstijlen van mensen deze keuzes bepalen. Daartoe is een enquête opgesteld om de leefstijlen in Rotterdam te achterhalen en een methode om dit mee te nemen in het model. Dit bleek echter weinig effect te hebben in het model en leefstijl was nauwelijks significant. MaaS is in het model geïntroduceerd als een "vrijheid in vervoerswijzekeuze". Waarin standaard in het model de vervoerswijze voor een hele keten of tour wordt gekozen is in het MaaS scenario deze keuze per rit in een keten of tour gekozen. Dit maakt het bijvoorbeeld mogelijk om met de fiets naar het werk te gaan maar toch een zakelijke reis met de auto te maken. Dit scenario gaf een kleine modal-split verschuiving in het model met een afname van bijna 7% autoverkeer ten gunste van met name de fiets en in mindere mate het OV. Vooral voor zakelijke, korte, reizen.

1. Inleiding

De grote steden en regio's in Nederland gebruiken verkeersmodellen om inzicht te krijgen in het effect van diverse ontwikkelingen en interventies. Met name voor de onderbouwing van grotere investeringen spelen deze modellen een zeer belangrijke rol.

De gemeente Rotterdam maakt al sinds de jaren 90 gebruik van een traditioneel 4-staps zwaartekrachtmodel. Tot 2017 was dit het stadsregionale RVMK model en daarna het Verkeersmodel van de Metropoolregio Rotterdam-Den Haag, het V-MRDH 2.0. Deze modellen zijn in de loop der jaren bij verschillende updates verbeterd en uitgebreid. De modellen hebben zich in de afgelopen 25 jaar voor visie ontwikkeling, de onderbouwing van ruimtelijke en infrastructurele plannen, milieu-effectrapportages en ontwerp- en inrichtingsvragen bewezen. Het gebruik beperkte zich dan ook niet tot de stadsregio Rotterdam en inliggende gemeenten maar werd ook veelvuldig gebruikt door Rijkswaterstaat, Havenbedrijf en Provincie Zuid-Holland. Met toenemende mate schiet het model echter te kort om alle vragen adequaat te beantwoorden. Het ging hierbij om de volgende aspecten:

1. Een steeds grotere discrepantie tussen feitelijke mobiliteitsontwikkeling en de door het model geprognoseerde groei. Zo groeide het fietsverkeer met 3-6% per jaar in de afgelopen 15 jaar terwijl het model slechts een groei van 0,5 tot 1% per jaar voorspelde. Bij de auto daarentegen zien wij een langzame afname van het autogebruik rond de binnenstad in de tellingen terwijl het model hier nog steeds groei voorspelt.
2. De behoefte om niet alleen algemene uitspraken te kunnen doen over de effecten van ingrepen en beleidsmaatregelen, maar ook te kunnen nagaan wat het effect is voor verschillende groepen en hierbij kenmerken als leefstijl te betrekken.
3. Naast infrastructurele projecten en traditionele beleidsinterventies zoals hogere autokosten ook andere maatregelen, zoals nieuwe vormen van vervoer en diensten in het kader van de mobiliteitstransitie te kunnen onderzoeken.

Dit speelt niet alleen in Rotterdam maar wordt bij meer steden, provincies en regio's geconstateerd. De huidige modellen krijgen dus steeds meer moeite met de veranderingen die we in mobiliteit waarnemen. De verplaatsingen van mensen worden complexer en modaliteiten worden vaker gecombineerd, bijvoorbeeld bij OV en fiets. Daarnaast nemen de technologische ontwikkelingen toe, zoals de introductie van autonome auto's, elektrische fietsen en allerlei deel-concepten. Daarbij is Mobility as a Service (MaaS) de ultieme vorm waarin allerlei mobiliteitsdiensten geïntegreerd worden aangeboden inclusief planning en betaling.

Het blijkt dat de huidige (zwaartekracht) modellen die de meeste steden nu gebruiken minder goed in staat zijn om hier inzicht in te verschaffen waardoor de kans op onjuiste beslissingen toeneemt. In het onderzoek "*Eindrapportage SGS¹: Het effect van transities en bijbehorend instrumentarium²*", wordt een aantal transities in relatie tot mobiliteit beschreven en is onderzocht wat dit betekent voor de benodigde tools. Uit deze studie blijkt dat mobiliteitstransitie vraagt om een transitie naar een ander type model, een

¹ SGS: Programma Slimme en gezonde stad is I&M programma waaraan verschillende partijen waaronder de steden Rotterdam en Utrecht participeren

² <https://www.slimmeengezondestad.nl/PageByID.aspx?sectionID=115775&contentPageID=876202>

zogenaamd Activity Based Model (ABM). Een aantal belangrijke kenmerken van ABM ten opzichte van de geaggregeerde zwaartekracht modellen zijn:

1. De verplaatsingen die gemaakt worden, worden verklaard uit de activiteiten die iemand onderneemt.
2. Ketenverplaatsingen: De mogelijkheid om verplaatsingen tussen activiteiten te modelleren als één consistente keten. In een keten kunnen meerdere motieven en meerdere modaliteiten voorkomen. Dit zorgt voor consistentie in het model, dus bijvoorbeeld de auto op de heenweg en de fiets op de terugweg is uitgesloten. Eén keten kan uit meerdere delen bestaan, bijvoorbeeld huis-werk-winkel-huis. In deze keten worden dus drie verplaatsingen gemaakt.
3. Tijdligging: De duur van activiteiten wordt meegenomen, daardoor worden activiteiten afhankelijk van elkaar. Per persoon is hiermee het aantal activiteiten gelimiteerd door de beschikbare tijd.
4. Gedesaggregeerd: Dit betekent dat er in de keuzemodellen persoonlijke kenmerken voorkomen, zoals geslacht, leeftijd, etc. Dit kan zowel door persona's (groepen mensen met dezelfde kenmerken) te modelleren of door elke persoon individueel te modelleren (vaak agent-gebaseerd genoemd).
5. Huishouden interactie. Dit betekent dat interactie tussen leden van hetzelfde huishouden wordt gemodelleerd. Autobezit is typisch een kenmerk van een huishouden. Als er één auto is, dan kan ook maar één lid van het huishouden hier gebruik van maken, maar ook als één partner de wekelijkse boodschappen doet hoeft de ander dat niet meer te doen.

Veel van bovenstaande kenmerken zijn ook onderdeel van gedesaggregeerde modellen (zoals LMS, NRM, VMA). Het verschil met deze modellen zit met name in de eerste drie kenmerken.

Een model dat de mobiliteit op individueel niveau modelleert en verplaatsingen als een consistente keten beschouwt, maakt het beter mogelijk om het effect van bijvoorbeeld MaaS te modelleren waarin ook verschillen in gedrag voor bepaalde doelgroepen meegenomen kan worden. De ontwikkeling van ABM is bij de universiteiten al meer dan 10 jaar geleden begonnen maar ze worden in de praktijk nog maar beperkt toegepast. De meeste praktijktoepassingen komen voor in de VS. Een transitie naar een ander type model is niet zomaar te maken. De bouw van een stedelijk model is een intensieve taak en er is in Nederland maar weinig expertise aanwezig. TNO heeft het initiatief genomen om deze transitie mogelijk te maken.

2. Urban Tools Next

In 2017 is er door TNO kennis opgebouwd rond ABM en is er een kleine pilot in Rotterdam uitgevoerd in samenwerking met de Universiteit Hasselt. Met het project Urban Tools Next heeft TNO in 2018 de volgende stap gezet door een prototype Activity Based Model (ABM) voor en met de gemeente Rotterdam te ontwikkelen. Dit ABM zal *naast* het bestaande (zwaartekracht) verkeersmodel bestaan en heeft een experimenteel karakter.

De ambitie is wel om een (onderzoeks)niveau te bereiken zodat het model geschikt is voor beleidsbeslissingen. Behalve de ontwikkeling van een prototype ABM is ook onderzoek gedaan naar het modelleren van MaaS en zijn daartoe twee scenario's ontwikkeld. Daarnaast is onderzoek gedaan naar leefstijlen en de invloed daarvan op mobiliteitsgedrag en hoe dit eventueel in een model meegenomen zou kunnen worden.

Urban Tools Next is een samenwerkingsproject van TNO met de Universiteit Hasselt en de gemeente Rotterdam. Ook de gemeentes Den Haag, Amsterdam en Utrecht, de provincies Noord Brabant en Utrecht en de Vervoersregio Amsterdam droegen bij aan dit project. Het CBS en RWS waren betrokken in de klankbordgroep.

3. Aanpak en organisatie

Het project was georganiseerd in een aantal werkpakketten en elke twee maanden was er overleg over de voortgang met de deelnemers van de samenwerking in een zogenaamd klankbordoverleg. Met de gemeente Rotterdam was er een wekelijks voortgangsoverleg. De doorlooptijd van het project is ruim een jaar geweest. Dat was een paar maanden langer dan gepland. Het project bestond grofweg uit een drietal onderwerpen:

1. Ontwikkeling van een prototype ABM voor de regio Rotterdam voor het basisjaar 2016 en prognosejaar 2030.
2. Onderzoek naar de invloed van leefstijlen op keuzes rond mobiliteit
3. Onderzoek naar het modelleren van MaaS in de context of ABM en de toepassing in een tweetal use-cases.

Het project heeft een rapportage opgeleverd en een hoeveelheid toelichtende powerpoints. Deze zijn beschikbaar voor de deelnemers in dit project. Daarnaast zijn er een aantal congresbijdrages uit dit project voortgekomen.

4. Resultaten

De resultaten van het project worden besproken in de volgorde van de drie genoemde onderwerpen.

4.1 Prototype ABM voor de regio Rotterdam, het ABMR

Alvorens een model gebouwd wordt moeten keuzes gemaakt worden over de te gebruiken software en de uitgangspunten van het model. Voor het ABMR is gekozen voor Feathers voor de vraagmodellering en OmniTRANS voor de aanbodmodellering. De Feathers software is gedurende het project een aantal keren aangepast. Voor de uitgangspunten van het model is ervoor gekozen om zo dicht mogelijk bij het bestaande V-MRDH te blijven. Dat betekent dat exact dezelfde netwerken zijn gebruikt en ook dezelfde zoneindeling (7786), modaliteiten (auto, passagier, fiets, ov en lopen) en dagdelen (ochtend, avond, rest). Dit maakt het tevens mogelijk om de beide modelsystemen met elkaar te vergelijken.

Een dataverzameling die specifiek voor een ABM nodig is, is een populatie, zowel voor het basisjaar als voor het prognosejaar. Omdat een ABM elk individu in het studiegebied apart beschouwt is het dus nodig om precies te weten waar iedereen woont en wat de kenmerken van elk persoon zijn. Het populatiebestand bestond uit huishoudens per zone en voor elk huishouden de personen die tot dit huishouden behoren. De gebruikte kenmerken in dit onderzoek voor huishoudens waren: samenstelling, inkomen en aantal auto's. Voor personen: geslacht, leeftijd, opleidingsniveau, culturele achtergrond, rijbewijsbezit, en betaald werk. In dit project is ervoor gekozen om het populatiebestand op basis van CBS registers op te bouwen. Bij het CBS is deze data namelijk precies

bekend. Het is echter niet mogelijk om de data vanuit het CBS te exporteren om privacy redenen. Daartoe is een methodiek bedacht om de data eerst te aggregeren en daarna weer op individueel niveau te reproduceren.

Naast de populatie is er ook data nodig om het model te schatten. In dit project is daar het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN) voor gebruikt. De preparatie van de data is een aandachtspunt want deze moet goed aansluiten op de populatie. Voor beide bestanden moeten dezelfde indelingen gebruikt worden zoals bijvoorbeeld voor inkomensgroepen of opleidingsniveau.

Voor het controleren van de kwaliteit van de data zijn zogenaamde dashboards ontwikkeld met behulp van Microsoft Power BI, zie figuur 1. Dit maakt het makkelijk om datasets te vergelijken en heeft er in het algemeen voor gezorgd dat de kwaliteit verbeterde.



Figuur 1: Dashboard vergelijking OVIN met populatie

De overige data, zoals arbeidsplaatsen en detailhandel zijn overgenomen uit het V-MRDH.

Nadat alle invoerdata gereed is kan het model geschat worden. In eerste instantie moet een keuzestructuur bepaald worden. In Feathers worden de volgende keuze modellen doorlopen:

No	Model Name	What is predicted	Null model accuracy (%)	Model accuracy (%)
1.1	Daily Activity Pattern	0 or 1+ tours for 6 primary activity types	50	80,9
1.2	Number of Tours per Primary Activity	For primary activity types with 1+ tours: 1, 2, 3 or 4 tours	16,6	86,1

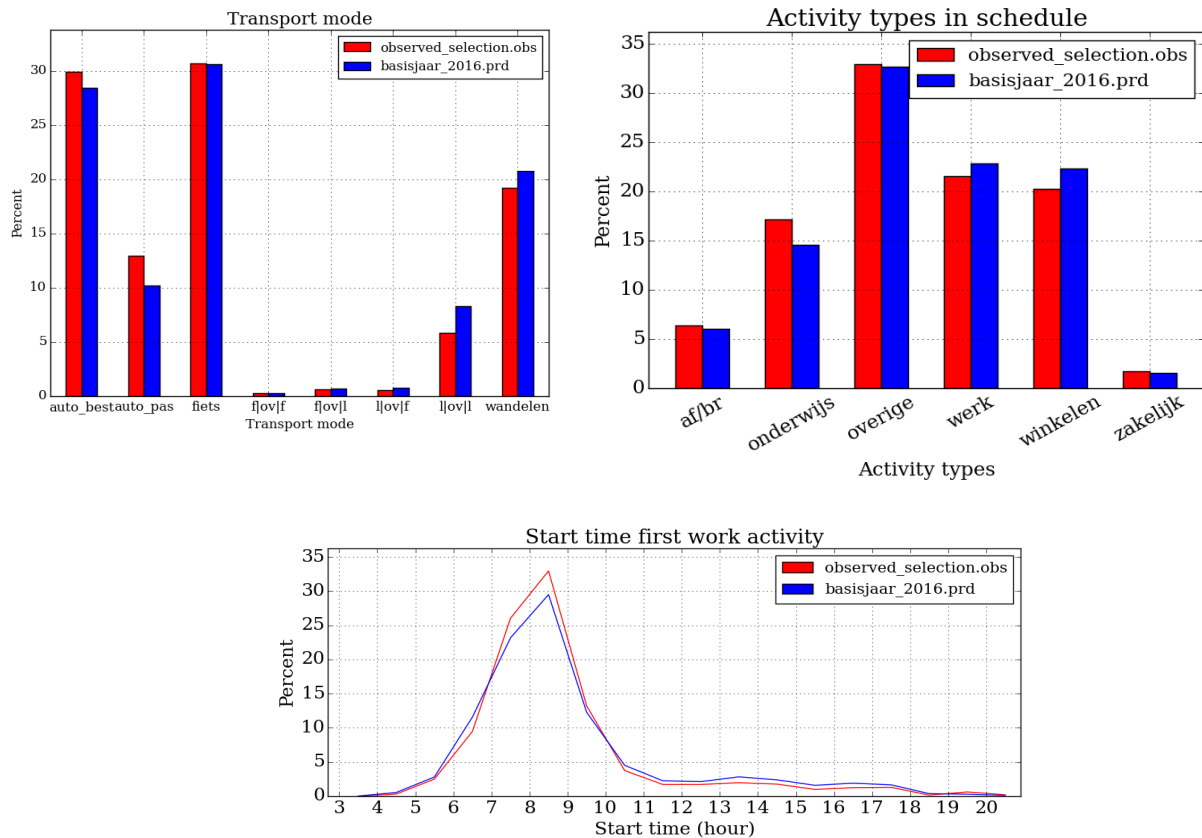
2.1	Primary Activity Start time	The time period arriving at the primary location	4	24,5
2.2	Primary Activity Duration	The duration of the activity at the primary location	10	25,2
2.3	Primary Activity Location	1 of 7786 zones	-	-
2.4	Primary Activity Transport Mode	1 of 7 transport modes	-	-
3.1	Secondary Activity Pattern	Number and activity type of secondary stops made on the half tour	1,7	85,1
4.1	Secondary Activity Location	1 of 7786 zones	12,5	15,7
4.2	Secondary Activity Transport Mode	1 of 7 transport modes	25	58,1
4.3	Secondary Activity Duration	The duration of the activity at the secondary location	10	17,5
5.1	Secondary Activity Pattern	Number and activity type of secondary stops made on the half tour	1,7	77,1
6.1	Secondary Activity Location	1 of 7786 zones	12,5	15,6
6.2	Secondary Activity Transport Mode	1 of 7 transport modes	25	59,7
6.3	Secondary Activity Duration	The duration of the activity at the secondary location	10	19,9

De meeste keuzes binnen Feathers worden bepaald met zogenaamde "decision trees". Deze keuze structuur wordt door de software automatisch bepaald en geschat. De model accuracy van elke decision tree wordt bepaald op basis van de Confusion Matrix Accuracy (CMA) maat (Kohavi and Provost, 1998). Deze maat wordt telkens vergeleken met de bijhorende "null model accuracy" dat weer bepaald kan worden via de inverse van het aantal alternatieven. Meer alternatieven leidt dan logischerwijze tot een lagere null model accuracy. Zoals te zien is in deze tabel is de kwaliteit van een aantal modellen, waaronder de activiteiten patronen submodellen, relatief hoog. De voorspellende kracht van de tijdsduur en vertrektijd submodellen daarentegen komt in verhouding lager uit. Dit vloeit onder andere voort uit het feit dat het aantal alternatieven over een etmaal beschouwd ook erg hoog is. De voorspelling lijkt echter in de praktijk gemiddeld genomen redelijk accuraat te zijn.

De bestemmingskeuze en de vervoerwijzekeuze voor de primary activity zijn gemodelleerd met een nested logit model. Dit betekent dat er zogenaamde utility-functies opgesteld moeten worden. Dit proces in combinatie met het schatten van de parameters heeft de meeste tijd gekost in het project. Er is voor alle activiteitentype (motieven) één functie opgesteld. De activiteitentypes zijn daarin met zogenaamde dummy variabelen verwerkt. De kwaliteit van logit modellen kan aangegeven worden met de ρ^2 . Voor zowel de bestemmingskeuze als voor de vervoerwijzekeuze is een ρ^2 bereikt van boven de 0.5. Dit is redelijk goed.

Als alle keuzemodellen geschat zijn kan het model gebruikt worden met de populatie als invoer. In deze stap worden als het ware alle inwoners van het studiegebied gesimuleerd. Dit levert een verplaatsingsschema op per persoon. Deze verplaatsingen zijn geaggregeerd tot matrices per vervoerswijze en per dagdeel en vervolgens toegedeeld. Daarnaast zijn er een grote hoeveelheid indicatoren bepaald om het model te valideren.

De vergelijking met OViN wordt automatisch door Feathers gegenereerd door middel van een groot aantal grafieken (zie figuur 2).



Figuur 2: Vergelijking model met OViN voor vervoerswijze (L) en Activiteiten types (R) en vertrektijd voor activiteit werken (onder)

De belangrijkste indicatoren daarvan zijn de verdeling over activiteitentypes en modaliteiten, de tijdligging (starttijd en duur van activiteiten), het aantal ketens of tours dat een persoon op een dag maakt en het aantal stops in een keten. Er werd naar gestreefd om de waarnemingen in OViN zoveel mogelijk te benaderen met het model. In totaal worden bijna 40 verschillende indicatoren gegenereerd.

Na de toedeling kunnen de intensiteiten vergeleken worden met tellingen. Onderstaande tabel geeft een indicatie voor de ochtendspits.

FEATHERS	ochtendspits	mvt		pa		vracht		fiets		ov	
		aantal	%	aantal	%	aantal	%	aantal	%	aantal	%
acceptabel	T < 3.5	943	41.1%	703	41.9%	1670	99.5%	486	60.5%	299	43.6%
redelijk	3.5 < T < 4.5	661	28.8%	467	27.8%	4	0.2%	149	18.6%	125	18.2%
slecht	T > 4.5	689	30.0%	508	30.3%	4	0.2%	168	20.9%	262	38.2%
	Totaal aantal vc	2293	100	1678	100	1678	100	803	100	686	100

Figuur 3: Tabel met score op telpunten voor het ABMR. Per telpunt wordt een T-toets bepaald. Een waarde boven de 3.5 wordt als acceptabel beschouwd, tussen 3.5 en 4.5 redelijk en groter dan 4.5 als slecht. Het aantal geeft het aantal telpunten in de betreffende categorie weer. De score op vracht is hoog omdat vracht uit het gekalibreerde V-MRDH wordt geïmporteerd.

Hieruit blijkt dat het model, ondanks een goede fit op OViN, toch een flinke afwijking op de tellingen geeft. Voor een synthetisch model is dit echter nog redelijk goed. Vrijwel alle modellen worden daartoe gekalibreerd. Dat is in dit project niet uitgevoerd. Een kalibratie op de geaggregeerde matrices is relatief eenvoudig uit te voeren maar door de grote van het model wel een tijdrovende taak. Daarnaast gaat de detaildata door deze stap verloren. Een goede methodiek voor het kalibreren van de individuele verplaatsingspatronen vergt nog nader onderzoek.

4.2 Gedrag en Leefstijlen

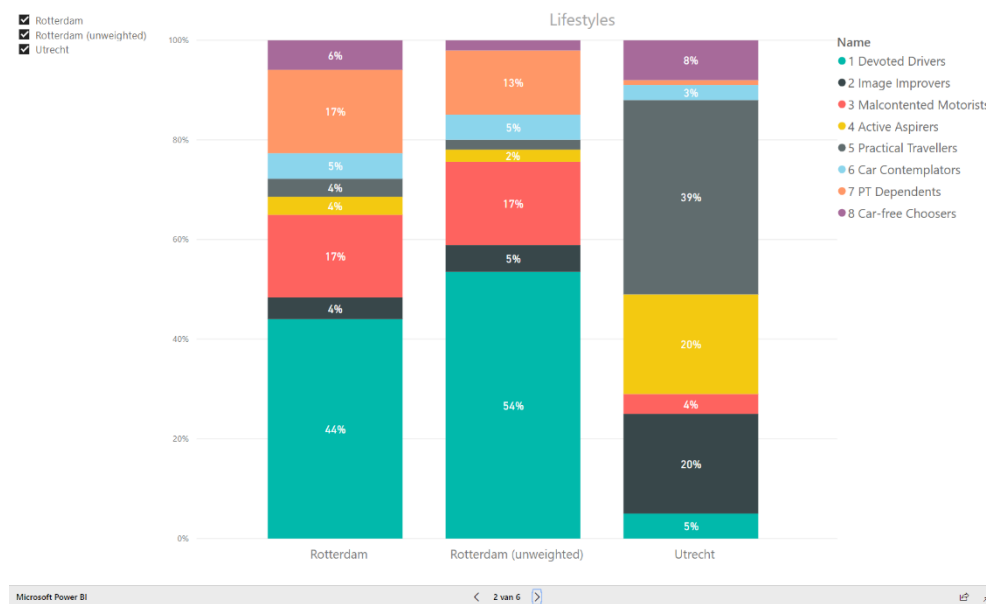
Het onderscheid tussen mensen wordt in een model gemaakt op basis van persoonlijke kenmerken. Mannen maken andere keuzes dan vrouwen, hoger opgeleiden andere keuzes dan lager opgeleiden, etc. Regelmatig worden echter verschillende keuzes waargenomen voor mensen met identieke persoonlijke kenmerken. Kennelijk is er meer informatie nodig om onderscheid te maken tussen mensen. In dit project is onderzocht of dit verschil verklaard kan worden door leefstijl. Dus niet een direct waarneembaar kenmerk, maar meer een kenmerk dat bij iemand "van binnen" zit en een "houding" uitdraagt. Leefstijl is niet standaard aanwezig in OViN. Daarom is er een methode bedacht om leefstijl "kunstmatig" toe te voegen aan OViN zodat het mogelijk wordt om leefstijl als persoonlijk kenmerk te gebruiken in de modelschatting. Vervolgens is onderzocht in hoeverre dit kenmerk significant is en hoe het de schatting beïnvloedt. Om een beeld te krijgen van leefstijlen binnen Rotterdam is een enquête uitgevoerd met behulp van het Rotterdams Stadspanel. De leefstijlen en de vragenlijst zijn overgenomen uit het Europese project SEGMENT. In dit onderzoek worden acht leefstijlen onderscheiden specifiek gericht op mobiliteit (met name vervoerswijze):

1. Devoted driver
2. Image improvers
3. Malcontented Motorists
4. Active Aspirers
5. Practical traveler
6. Car Contemplators
7. PT Dependents
8. Car free choosers

Uit de enquête blijkt dat in Rotterdam leefstijl 1 (Devoted drivers) het meest voorkomt. Onderstaande figuur geeft een indruk van de leefstijlverdeling in Rotterdam (gewogen en ongewogen). De resultaten van het SEGMENT-onderzoek, uitgevoerd in onder andere Utrecht, zijn ook toegevoegd (in hoeverre de data achter de verdeling voor Utrecht representatief is voor Utrecht is onduidelijk). In figuur 4 is goed te zien dat in Rotterdam met name leefstijl 1, 3 en 7 veel voorkomen.

Om het belang van een leefstijl kenmerk te bepalen voor de keuzemodellen in ABM is op basis van deze resultaten een logit-model geschat om de leefstijl van personen te kunnen voorspellen. Met dit model is vervolgens OViN en de populatie "verrijkt". Dit maakt het vervolgens mogelijk om de keuzemodellen binnen ABM te schatten waarbij leefstijl als extra kenmerk beschikbaar was voor alle personen. Vervolgens is het ook mogelijk om dit model te runnen en de uitkomsten te vergelijken met het model zonder leefstijlen.

Het blijkt mogelijk te zijn om leefstijl toe te voegen aan OViN en aan de populatie. In dit



Figuur 4: : Leefstijl verdeling Rotterdam versus Utrecht

experiment worden daarvoor een beperkt aantal persoonskenmerken gebruikt en bij de OViN data ook een aantal regels om kansen aan te passen. Hiermee wordt de populatie als het ware verder geclassificeerd in 8 groepen. Uit de enquête bleek echter dat drie leefstijlen vrij dominant zijn (1,3 en 7) en de andere 5 relatief weinig voorkomen. Het model had moeite met het toekennen van die 5 leefstijlen waardoor het aandeel nog verder afnam. Dit maakt de leefstijl indeling zoals gekozen in dit project wat minder geschikt. Daarnaast is de toegevoegde waarde van de leefstijl beperkt omdat de leefstijl op deze manier wordt gebaseerd op de reeds bestaande kenmerken van personen. Er is weliswaar bij vergelijkbare kansen altijd een keus gemaakt waardoor de groepen zich toch onderscheiden. Bovendien is die keus ook deels gebaseerd op de waargenomen verplaatsing waardoor er toch informatie is toegevoegd. Deze extra informatie is de belangrijkste toevoeging. Ondanks dat bleek leefstijl maar zeer beperkt significant voor de modaliteitskeuze. Het is niet te zeggen of ook het geval is als minder mobiliteitsspecifieke leefstijl indeling was gehanteerd.

4.3 MaaS modelleren in een ABM

Om MaaS goed in een model te kunnen vangen moet het model in staat zijn om alle verschillende modaliteiten uit MaaS te kunnen combineren. Het modelleren van ketenverplaatsingen is daarin essentieel. Het model moet goed in staat zijn de modaliteiten die gekozen kunnen worden te combineren binnen een keten op een consistente manier. Daarnaast is het modelleren van individuen belangrijk omdat iedereen daarin zijn eigen keuzes maakt. De grote moeilijkheid is dat er weinig bekend is over of en hoe mensen zullen kiezen voor MaaS. Dus zelfs als het model in staat is om MaaS verplaatsingen na te bootsen is het nog niet eenvoudig om te bepalen wanneer mensen hier wel of geen gebruik van gaan maken. De beste aanname is dan om dezelfde kostenstructuur te gebruiken als voor de klassieke modaliteiten. Daarin speelt de waarde van reistijd de belangrijkste rol.

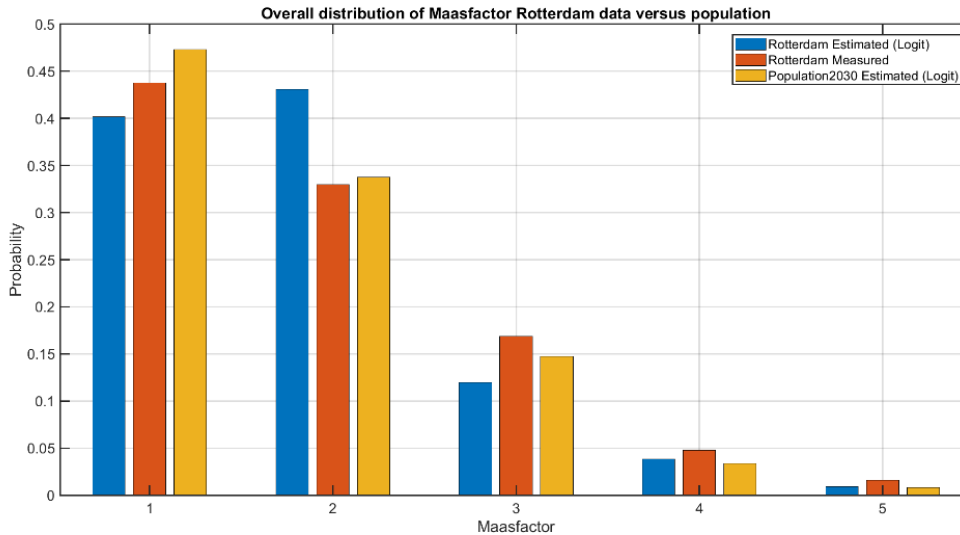
Het modelleren van MaaS valt dus uiteen in twee onderdelen:

1. Het goed kunnen nabootsen van MaaS ketens. Dus ritten waarbij uit allerlei verschillende modaliteiten gekozen kan worden, eventueel in combinatie.
2. Informatie over hoe mensen keuzes maken.

Een ABM is van nature al redelijk goed geschikt om allerlei verschillende combinaties te maken van modaliteiten in een keten. Een ABM heeft als invoer alleen maar "level of service" informatie nodig van elke modaliteit. Welke informatie dit precies moet zijn voor bijvoorbeeld car-sharing is al lastiger. Te denken valt aan een vergelijkbare "level of service" als voor auto's maar dan uitgebreid met extra componenten voor bijvoorbeeld de tijd om het voertuig op te halen. Bij combinaties van modaliteiten in één rit, zoals bijvoorbeeld lopen-ov-lopen moet het wel mogelijk zijn om deze level of service data te genereren. Bij MaaS komen hier een aantal combinaties bij, zoals wellicht auto-ov-lopen of auto-fiets. Dit stelt aanzienlijk hogere eisen aan de generatie van de level of service van dit soort ritten en vereist waarschijnlijk volledig multi-modale netwerken.

In dit project is voor de eerste stap slechts een kleine aanpassing doorgevoerd door de vervoerwijzekeuze in de ketenvorming aan te passen. Binnen ABM is de vervoerwijzekeuze binnen een keten in principe consistent. Het is dus bijvoorbeeld niet mogelijk om bij een ketenverplaatsing tussen huis en werk, voor het eerste deel, van huis naar werk de auto te kiezen en voor de terugweg het openbaar vervoer. In een MaaS scenario is het wenselijk dat dit juist wel kan. Deze eerste stap is in dit onderzoek geïmplementeerd door het model aan te passen met een mogelijkheid om de modaliteit voor heen- en terugweg apart te kiezen.

De tweede aanpassing betreft het identificeren van personen in de populatie die bereid zijn om voor MaaS te kiezen. Omdat het moeilijk is om te bepalen hoe mensen op veranderingen in de level of service reageren is ervoor gekozen om deze groep op basis van persoonskenmerken te identificeren. Om deze personen te identificeren is er een enquête opgesteld waarin deze bereidheid bepaald is. Deze enquête maakte onderdeel uit van dezelfde Stadspanel enquête in Rotterdam die ook gebruikt is om leefstijlen te bepalen. Omdat MaaS een complex begrip is en omdat het moeilijk is voor een respondent om daar een voorstelling van te maken zijn de vragen relatief eenvoudig gehouden en zoveel mogelijk gesteld in termen als meer en minder. Het was niet de bedoeling om inzicht te krijgen in abonnementsvormen of in inzicht in keuzes bij bepaalde kosten of kostenstructuren. Het voornaamste doel was om te bepalen welke groep mensen positief reageert op het MaaS concept. Dit is onderzocht in termen van meer of minder comfort en meer of minder kosten. De uiteindelijke doelstelling was om een zogenaamde "Maas-factor" per persoon te bepalen. Deze MaaS-factor geeft de bereidheid aan van een persoon om gebruik te maken van een MaaS dienst. Op basis van de persoonlijke kenmerken per persoon is een logitmodel geschat om de MaaS-factor te bepalen. Dit maakt het mogelijk om de MaaS-factor aan de populatie toe te voegen waardoor in het ABM onderscheid gemaakt kan worden tussen individuen die wel bereid zijn om MaaS diensten te gebruiken en individuen die niet bereid zijn.



Figuur 5: Maasfactor verdeling in Rotterdam, modelschatting versus de enquetegegevens.

In bovenstaande figuur is de MaaS factor in 5 categorieën omgezet waarbij elke categorie 0.2 van de MaaS factor beslaat. Het is zichtbaar dat het model de waarneming redelijk reproduceert. In eerste instantie ten opzichte van de geënquêteerde groep en daarna ten opzichte van de populatie 2030

Op basis van de twee aanpassingen zijn vervolgens twee scenario's doorgerekend.

4.4 Scenario 1

Dit scenario is identiek aan het prognosejaar scenario alleen de berekening voor vervoerwijzekeuze is aangepast. Er is gesimuleerd dat er meer vrijheid is voor het kiezen van een vervoerswijze. Elke persoon heeft de mogelijkheid om midden in een keten van vervoerswijze te wisselen.

De effecten van dit scenario zijn klein. Dit komt grotendeels doordat het gedrag nog steeds identiek is aan het gedrag in 2016. Desalniettemin zijn er een aantal interessante verschuivingen waarneembaar.

Het totaal aantal trips neemt licht toe in het hele model door deze "vrijheid" van modaliteitskeuze ($< 1\%$). Er is echter wel een aanzienlijke verschuiving tussen de modaliteiten waarneembaar. De auto neemt af (-6.8%), de fiets neemt toe ($+4.2\%$) en het openbaar vervoer neemt toe ($+0.4\%$).

4.5 Scenario 2

Dit scenario is identiek aan scenario 1 alleen nu is de MaaS-factor toegepast waardoor maar een deel van de populatie gebruik maakt van MaaS. De effecten zijn daardoor iets verder afgenomen maar vinden nu wel gerichter plaats met de doelgroep die het meest waarschijnlijk is als gebruiker van MaaS diensten.

4.6 Conclusie

De gevolgde methode is nog maar een zeer beperkte manier van MaaS modelleren en neemt alleen het effect van keuzevrijheid van modaliteit mee. In het tweede scenario is dit effect enigszins getemperd door een populatie te gebruiken waarbij maar een deel

van de bevolking deze keuzevrijheid heeft. Het is belangrijk om te realiseren dat het keuzegedrag in beide scenario's is overgenomen uit het basisjaar. Dus de mensen maken in principe dezelfde keuzes als in het basisjaar.

De algemene conclusie is dat het autogebruik iets afneemt, ongeveer 7%. Waarschijnlijk wordt er voor kortere secundaire verplaatsingen vaker de fiets of het ov genomen. In scenario 2 wordt dit gedrag slechts voor een deel van de bevolking gesimuleerd waardoor het effect terugloopt naar minder dan 1% verschuiving. In de toedelingen is de impact moeilijk waarneembaar en lijkt zich niet te concentreren tot bepaalde gebieden. Nadere analyse van het openbaar vervoer laat zien dat alle OV-systemen een kleine groei laten zien maar dat metro, tram en sprinter de grootste groei krijgen.

Naast de daadwerkelijke effecten van deze manier van modelleren opent het experiment vooral de deur naar uitgebreide mogelijkheden voor het modelleren van MaaS. Door de consistente manier waarop de ketens van individuen over de dag en voor verschillende motieven gemodelleerd worden in een ABM is het veel beter mogelijk om MaaS op een realistische manier te modelleren en de effecten voor bepaalde groepen mensen in kaart te brengen.

5. Conclusies & Aanbevelingen

5.1 Conclusies

Hoofddoel van het project

Het hoofddoel van dit project is de bouw van een ABM op de schaalgrootte van het V-MRDH. Dit is een grote uitdaging gebleken. Gedurende de bouw bleek dat het Feathers instrumentarium op een aantal punten aangepast moest worden. Sommige punten hadden te maken met de grootte van het model, andere met verbeteringen in de systematiek. Met name rond bestemmingskeuze en modaliteitskeuze zijn er grote veranderingen doorgevoerd en aanzienlijke verbeteringen bereikt. Dit heeft relatief veel tijd en moeite gekost. Toch is gebleken dat het mogelijk voor de modelbouwers, TNO en U-Hasselt, mogelijk was een model op deze schaalgrootte te bouwen en werkend te krijgen. Ook de uitkomsten van het model voor het prognosejaar zijn plausibel gebleken. De gemeente Rotterdam wil de komende periode verder onderzoeken welke meerwaarde het nu voorliggende ABM model al heeft ten opzichte van het V-MRDH. Voor alle partners die hebben bijgedragen aan dit project heeft dit veel nieuwe inzichten opgeleverd wat er komt kijken bij de ontwikkeling van een model op basis van een geheel nieuwe techniek. Deze inzichten zijn niet alleen waardevol indien wordt gekozen voor een ABM, maar ook indien wordt overgestapt op een andere nieuwe modeltechniek.

Data

De data preparatie voor dit type modellen vormt geen heel groot probleem. Voor een groot deel is dit gelijk aan traditionele modellen. Het netwerk, de zonering en de land-use data zijn vrijwel identiek. Een nieuw onderdeel is een synthetische populatie. Voor het genereren van dit bestand is een samenwerking gezocht met het CBS waarbij gebruik gemaakt is van de registers met persoonsgegevens. Dit levert een unieke werkmethode op om tot een populatiebestand te komen.

Waarnemingen

Om het model te schatten wordt OViN data gebruikt. Om voldoende data te hebben zijn een aantal jaren gestapeld. De structuur van OViN is in essentie prima geschikt voor het

schatten van een ABM. Alle kenmerken en verplaatsingsdata is aanwezig. Er zijn wel een aantal pre-processing stappen nodig om de structuur van de data te koppelen aan de structuur van het model. Hierbij moet zorgvuldig gelet worden op de representativiteit als er data weg gefilterd wordt. Het blijft moeilijk om een goed oordeel over de kwaliteit van de data te geven. Er is tenslotte geen ground-truth. Zo is er bijvoorbeeld al lange tijd onduidelijkheid over een eventuele onder-representatie van korte ritten in de OViN data.

Model

De insteek van dit project is onderzoek naar de haalbaarheid van ABM in de praktijk. Bij aanvang van dit project was de structuur en de opbouw van het te ontwikkelen model nog niet duidelijk. Gedurende dit project zijn er veel wijzigingen en verbeteringen doorgevoerd. Dat is vooral een leertraject. Voor het aanbesteden van een dergelijk model in de markt is het niet aan te bevelen om zo'n uitgebreid leertraject te doorlopen. De structuur en de aanpak moeten bij voorkeur van tevoren vast staan en ook bewezen zijn in andere projecten. Dat geeft gelijk de motivatie voor het uitvoeren van dit project aan. Zolang er geen andere projecten zijn waarin een ABM wordt gemaakt komt dit moeilijk van de grond. De functies voor de discrete keuzemodellen die zijn opgesteld in dit project kunnen een goede basis vormen voor andere te ontwikkelen modellen.

Software

Op het moment van starten van dit project was er nog geen software op de markt voor ABM. In dit project is gekozen voor Feathers voor het AB-vraagmodel en OmniTRANS voor de toedelingen. Het geheel is goed vanuit OmniTRANS te beheren. De verwachting is dat beheer en toedelingen ook met andere soortgelijke software goed mogelijk is, zoals Visum of Cube Voyager. Voor analyse en presentatie van de meer gedesaggregeerde data kan gebruik gemaakt worden van specifieke software. Business Analytics software leent zich hier goed voor. In dit project is gekozen voor Microsoft Power BI. Alternatieven zijn Tableaux, Cognos of KlikView.

Resultaten

Het is in dit project gelukt om een activity based model te bouwen met de schaalgrootte van het V-MRDH. De resultaten zijn plausibel maar er zijn wel een aantal aandachtspunten. Het model is erg afhankelijk van goede schattingsdata en daar lijken toch wat problemen mee te zijn met name ten aanzien van het aantal ritten en onduidelijkheid over het aantal korte ritten. Het lijkt erop dat de OViN data niet goed overeenkomt met de tellingen van auto en openbaar vervoer.

Ook is aangetoond dat het mogelijk is de schattingsparameters enigszins aan te passen zodat dichter bij de tellingen wordt aangesloten.

MaaS

In dit project is een eerste poging gedaan om MaaS te modelleren. De aanpak was relatief simpel en bestond uit een aanpassing in de modaliteitskeuze en een aanpassing in de populatie. Het effect hiervan is niet heel erg groot. Een kleine verschuiving van ongeveer 2% van auto naar ov en fiets is waarneembaar. Bij een selectie van de populatie die "open staat voor MaaS" wordt de verschuiving nog iets kleiner. Een belangrijke kanttekening is dat de geschatte gedragsparameters voor het basisjaar direct worden overgenomen in het prognosejaar en daarmee dus geen veranderend gedrag is gemodelleerd of "een wereld" waarin grote groepen al gewend zijn aan fenomeen van mobiliteitsdiensten.

Proces

Om het proces voor de bouw van een ABM beheersbaar te houden verdient het aanbeveling om een standaard set utility functies te gebruiken. Onderzoek naar verschillende utility functies is kostbaar en tijdrovend. De in dit project ontwikkelde set van utility functies is in ieder geval een goed startpunt.

Voor beheersbaarheid van het proces is in dit project gekozen voor een set indicatoren (ritten per persoon, modal-split, matrixtotalen, etc) waarmee elke modelrun wordt gecontroleerd. In dit project kon vergeleken worden met een reeds bestaand model (V-MRDH 2.0) maar voor een nieuw project is dat niet altijd mogelijk. De indicatoren werden vrijwel allemaal automatisch gegenereerd waardoor het proces efficiënt wordt.

5.2 Aanbevelingen

Dit project heeft de volgende lijst aanbevelingen opgeleverd.

Waarnemingen

De belangrijkste aanbeveling is om nader onderzoek te doen naar de afwijking die lijkt te zitten in de OViN data. Het aantal ritten per persoon, de modal split lijken veel af te wijken van teldata. Onderzoek is nodig of dit ligt aan een gebrek aan korte ritten in de waarnemingen of dat er andere typen verkeerstromen ontbreken in de OViN data.

Populatie

De populatie kan nog verder verbeterd worden door de initiële verdeling over kenmerken per regio af te leiden. Deze data is binnen het CBS relatief eenvoudig te bepalen.

Model

Binnen het model is het mogelijk om de bestemmingskeuze te vereenvoudigen door slecht een deel van de bestemmingen te beschouwen. Voor bepaalde activiteitentypes is dit eenvoudig, bijvoorbeeld onderwijs. Voor andere activiteitentype moet wellicht aan een hiërarchisch model gedacht worden. Naast deze verbeteringen ontbreken er nog een aantal onderdelen in het model, zoals parkeren, extern verkeer en speciale locaties, zoals ziekenhuizen, dierentuin en luchthaven. Het modelleren van MaaS moet uitgebreid worden met "nieuwe" modaliteiten. Met name gedeelde auto's is daarin beleidsmatig heel relevant maar inhoudelijk nog een uitdaging.

6. Urban Tools Next II

Dit project heeft een mogelijkheid gecreëerd voor steden om de krachten te bundelen rond innovatie van verkeersmodellen met een sterke praktische invalshoek. De partners in dit project zijn bereid om deze samenwerking te continueren en de toepasbaarheid van ABM in de praktijk verder te onderzoeken. Daarbij wordt ook gezocht naar in hoeverre de opgedane kennis direct toepasbaar is in de huidige modellen. In het vervolgonderzoek, Urban Tools Next II, worden verbetering van de parkeermodellering, de implementatie van nieuwe vervoersvormen (bijv. speed-pedelec, LEV, deelscooter, elektrische step) en de rol van ketens en hubs als prioritair gezien. Dit project zal naar verwachting in oktober 2019 starten.

Literatuur of Referenties

Goudappel Coffeng, Verkeersmodel MRDH 2.0, (Technische rapportage), oktober 2018

OECD – International Transport Forum, Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars, could change city traffic, OECD/ITF, 2015

T. Bellemans, D. Janssens, G. Wets, T. Arentze, H. Timmermans, Implementation framework and development trajectory of the FEATHERS activity-based simulation platform, TRB 2010 Annual Meeting, 2010

J.L. Bowman, M.E. Ben-Akiva, Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, Transportation Research Part A, 1999

D. Ettema, Activity-based travel demand modeling. Ph.D. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 1996.

T. Arentze en H. Timmermans, ALBATROSS : a learning based transportation oriented simulation system, Eindhoven, EIRASS, 2000

J. Castiglione, M. Bradley, J. Gliebe, TRB's second Strategic Highway Research Program (SHRP 2) Report S2-C46-RR-1: Activity-Based Travel Demand Models: A Primer. 2014

Rasouli, S., & Timmermans, H. J. P. Activity-based models of travel demand : promises, progress and prospects. The International Journal of Urban Sciences, 18(1), 31-60, 2014
H.J.P. Timmermans; T.A. Arentze, Transport models and urban planning practice: experiences with Albatross. In: Transport Reviews. Vol. 31, No. 2. pp. 199-207, 2011

W. Clerx, E. de Romph, B. Kochan, Vernieuwing stedelijke verkeersmodellen: wij raken nooit uitgeleerd!, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent

E. de Romph, W. Clerx, B. Kochan, Groei van de steden prikkelt modelbouwers! Een Activity Based Model voor Rotterdam, het ABMR, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 22 en 23 november 2018, Amersfoort

T. Brands, E. de Romph, T. Veitch, J. Cook. Modelling public transport route choice, with multiple access and egress modes. In: Transportation research procedia. Vol. 1, No. 1. pp. 12-23, 2014

K. Verlinden, E. Helder. Strategisch modelleren met behulp van grootschalige agentgebaseerde simulatie: toepassing in Vlaanderen. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 24 en 25 november 2016, Zwolle

R. Kohavi, F. Provost. Glossary of terms: Machine Learning. Kluwer Academic Publishers, Boston, U.S.A., 1998.