

Betere OV prognoses met anonieme OV-Chipkaartdata

dr. ir. Niels van Oort
Goudappel Coffeng / TU Delft
NvOort@Goudappel.nl

ing. Marc Drost, M.Sc.
HTM Personenvervoer
M.Drost@HTM.net

ir. Ties Brands
Goudappel Coffeng / Universiteit Twente
TBrands@goudappel.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2014, Eindhoven**

Samenvatting

Door de introductie van de OV-Chipkaart komen er grote hoeveelheden data over reizigersstromen in het OV beschikbaar. Naast data over de voertuigprestaties (via GOVI bijv.) hebben de inzichten uit deze reizigersdata een enorm potentieel voor de optimalisatie van het OV-product. Dit artikel verkent de mogelijkheden om, de privacy van reizigers respecterend, deze data in te zetten voor de voorspelling van nieuwe reispatronen bij aanpassingen in het netwerk en/of de dienstregeling. Het doel is om een relatief eenvoudige "What-if"-methodiek te ontwerpen, die snel en voldoende nauwkeurig reizigersprognoses kan maken. Hiermee ontstaat een nieuwe generatie verkeersmodellen.

De aanpak combineert de eenvoud en snelheid van de "sigarenkist" en de visualisatie- en rekenkracht van een verkeersmodel. We hebben de methodiek ingebed in bestaande OmniTRANS-verkeersmodelsoftware. De anonieme OV-chipkaartdata wordt toegedeeld aan het OV netwerk in het model, waardoor huidige stromen gevisualiseerd kunnen worden. Door gebruik te maken van elasticiteiten over de relatie tussen OV-kwaliteit en OV-gebruik (zowel uit de literatuur als op basis van gangbare vuistregels) kunnen eenvoudige prognoses gemaakt worden. Die dienen bijvoorbeeld om inzicht te krijgen in inkomstenderving door omleidingen of om effecten te schatten van budgettaire maatregelen.

We hebben de gepresenteerde methodiek succesvol toegepast op het tramnetwerk van HTM in Den Haag, waarmee sneller en nauwkeurigere dan voorheen prognoses gemaakt kunnen worden. Voor het afwegen van scenario's in de ontwikkeling van het railnetwerk en bij het afwegen van tijdelijke omleidingsscenario's gebruikt HTM de aanpak inmiddels om reizigerseffecten te prognosticeren. Deze analyses helpen in het maken van betere keuzes en in het besluitvormingsproces met de OV-autoriteit Haaglanden.

Hoewel waardevol, zijn er ook een aantal beperkingen aan deze methode. De aanpak is unimodaal en door het gebruik van elasticiteiten slechts toepasbaar voor kleine veranderingen op relatief korte termijn. Nu met de OV-Chipkaartdata meer inzichten kunnen worden verkregen, raden wij aan de gehanteerde elasticiteiten te actualiseren. Gedrag van reizigers bij kleine veranderingen kan relatief eenvoudig bepaald worden nu deze data voorhanden is. De volgende stap in ons onderzoek is het koppelen van de reizigersdata aan de voertuigdata, waardoor gedetailleerdere analyses gemaakt kunnen worden van bijvoorbeeld reizigerspunctualiteit.

1. Inleiding

HTM verzorgt openbaar vervoer in de regio Haaglanden. Drie RandstadRail-lijnen, acht reguliere tramlijnen en acht buslijnen vervoeren jaarlijks honderden miljoenen Hagenaars en bezoekers in Den Haag, Leidschendam, Delft, Zoetermeer en de directe omgeving. Voor het afwegen van scenario's in de doorontwikkeling van het OV-netwerk en voor het evalueren van tijdelijke omleidingsscenario's gebruikt HTM een elasticiteitenmodel om reizigerseffecten te prognosticeren. Deze analyses zijn van onschatbare waarde in het keuze- en besluitvormingsproces; zowel intern en met onze opdrachtgever het Stadsgewest Haaglanden.

Dit artikel verkent de mogelijkheden om, de privacy van reizigers respecterend, OV-Chipkaartdata te gebruiken voor prognoses van nieuwe reispatronen bij kleine aanpassingen van netwerk en/of dienstregeling. Dit moet resulteren in een relatief eenvoudige "What-if"-methodiek, die snel toepasbaar en voldoende nauwkeurig is.

De afgelopen jaren zijn er wereldwijd verschillende smartcardsystemen voor de betaling van OV geïntroduceerd (bijv. Pelletier et. al 2011, Ma et. al 2013, Kurauchi et al. 2014, Wilson et al. 2011, Park et. al 2008). Naast de functie van betaling en afhandeling daarvan, kunnen deze kaarten ook bijdragen aan de verdere optimalisatie van OV-netwerken en -dienstregelingen. Zij leveren immers waardevolle, anonieme, data op over reispatronen van alle reizigers. Voorheen waren voor die inzichten kostbare onderzoeken nodig, met vaak slechts beperkte resultaten.

Voertuigdata, internationaal aangeduid als Automated Vehicle Location (AVL) data, is al jaren gemeengoed bij vervoerders en via GOVI inmiddels ook bij de OV-autoriteiten (zie Van Leusden et. al 2013). Pas recent is daar, met dank aan de smartcard, ook reizigersdata bijgekomen. Beide databronnen, zowel apart als gecombineerd, ondersteunen de OV-planner en beslisser bij het maken van betere ontwerpen én keuzes. De data helpt om de effecten van geplande maatregelen, zoals de introductie van een nieuwe tramlijn of BRT, of het verbeteren van aansluitingen in de dienstregeling (zie bijv. Lee et. al 2014), beter te kunnen inschatten. Van Leusden et. al (2012) constateren dat de kosten hiervan vaak goed worden meegenomen, maar dat er minder aandacht is voor de baten. Met voertuig- en reizigersdata kunnen we evalueren of dergelijke maatregelen (maatschappelijk) meer opleveren dan dat ze kosten in bijvoorbeeld een maatschappelijke kosten-batenanalyse (zie bijv. Van Leusden et. al 2012). Dit verbetert de besluitvorming en resulteert uiteindelijk in beter en efficiënter OV voor de gebruiker en belastingbetaler.

De opbouw van dit paper is als volgt. Hoofdstuk 2 gaat in op de ontwikkeling van smartcardsystemen wereldwijd, inclusief het gebruik van de data. Hier komt ook de Nederlandse OV-Chipkaart aan bod. Het volgende hoofdstuk presenteert onze aanpak om op basis van de OV-Chipkaartdata een methodiek te ontwikkelen voor eenvoudige prognoses. De toepassing daarvan bij HTM wordt gepresenteerd in hoofdstuk 4. De conclusies en reflectie worden gegeven in hoofdstuk 5.

2. Smartcarddata

2.1 Toepassingen wereldwijd

Eerder onderzoek laat de belangrijkste voordelen zien van smartcards voor wat betreft data-analyse (Bagchi en White 2005). Zij stellen vast dat met de grote beschikbare hoeveelheden data de volgende inzichten in reisgedrag kunnen worden afgeleid:

- Trends over reisgedrag over de tijd, bijvoorbeeld over het jaar (seizoenen) of over meerdere jaren;
- Soort OV-gebruik van klanten, bijv. onderverdeling van frequente en incidentele reizigers;
- Belangrijkste herkomsten en bestemmingen.

Het aantal gebieden waar smartcardtechnologie wordt toegepast, groeit snel. Bekende voorbeelden zijn Londen (Oyster card) en Hong Kong (Octopus card). Lang niet al die systemen werken hetzelfde. Zo betaalt de reiziger soms een vast bedrag per rit en is in andere gevallen juist de afgelegde afstand bepalend voor de prijs. Zelfs binnen hetzelfde smartcard-systeem kunnen verschillen voorkomen. Soms zorgt de functionaliteit van het systeem ervoor dat het herleiden van data moeilijk is. In de Londense bus is er bijvoorbeeld alleen een check-in systeem (men betaalt een vast bedrag per rit, ongeacht de afstand), waardoor extra technieken nodig zijn om de bestemmingshalte te achterhalen voor de analyse van HB-patronen. In Ma et. al (2013) wordt een voorbeeld uit Beijing gepresenteerd, waar geen locatie-informatie is gekoppeld aan de smartcarddata, waardoor men verschillende databronnen moet combineren om deze informatie af te leiden. Bagchi en White (2005) laten zien dat het reismotief in veel systemen moeilijk is vast te stellen en in Morency et. al (2007) is een methode gepresenteerd om het aantal instappers te schatten, als die directe link mist vanuit het smartcard systeem.

Canadese onderzoekers geven een mooi overzicht van verschillende toepassingen van smartcarddata wereldwijd (Pelletier et. al 2011). Ook tijdens een workshop in Japan (Van Oort 2014) presenteerden verschillende onderzoekers de mogelijkheden. De toepassingen zijn ruim en variëren van strategische planning tot operationele marketing en bijsturing. De meesten lijken zich echter te richten op het schatten van de HB-matrix (bijv. Munizaga en Calma 2012), het afleiden van routekeuzegedrag (bijv. Schmöcker et. al 2013) en overstapanalyses (bijv. Seaborn et. al 2009). Het onderwerp van ons onderzoek, het inzetten van historische data voor het beter voorspellen van toekomstige ontwikkelingen, wordt nog beperkt onderzocht.

2.2 De Nederlandse smartcard: de OV-Chipkaart

De Nederlandse uitvoering van de smartcard is de OV-Chipkaart. Deze kaart is geïnspireerd op de Octopus Card uit Hong Kong en is ingevoerd om de strippenkaart te vervangen (Cheung 2006). Dat systeem was in 1980 geïntroduceerd en verving destijds op zijn beurt een woud aan losse kaartjes. Het nieuwe van de strippenkaart was het nationale karakter: in heel Nederland kon men in bus, tram, metro en soms zelfs met de trein met één type kaart reizen. Hoewel de prijs per zone gelijk was, was prijsdifferentiatie mogelijk door variatie in de grootte van de zones. Voor vervoerders en overheden was het grote nadeel van het kaartstelsel dat de eigen inkomsten niet duidelijk te herleiden waren. Met de gekochte strippenkaarten kon immers overal gereisd

worden. Ook was er geen zicht op reisgedrag. Grote, vaak kostbare, onderzoeken werden uitgevoerd om zicht te krijgen op het reisgedrag om zo de inkomsten te kunnen verdelen over de vervoerders. Om dit proces transparanter en eerlijker te maken startte vanaf 2001 de ontwikkeling van een smartcard. Het systeem werd in 2005 in Rotterdam voor reizigers geïntroduceerd en in 2012 was heel Nederland voorzien. In maart 2014 waren er 19 miljoen OV-Chipkaarten geproduceerd en elke week reisden er 2,8 miljoen mensen met de kaart. Zij maakten daarbij 42 miljoen transacties, zoals de verplichte in- en uitcheck, maar ook zaken als het controleren van het saldo en opladen van de kaart (Translink Systems 2014).

In het Nederlandse systeem moet voor elke rit in- en uitgecheckt worden. Al het OV in Nederland is toegankelijk met de kaart. In potentie is er dus zicht op alle reizigersstromen (herkomst en bestemming) van het OV in Nederland. Voor de trein, metro en Utrechtse sneltram vindt het in- en uitchecken plaats op het perron. Dit levert een groot voordeel op in de strijd tegen zwartrijders (door de mogelijkheid van het afsluiten van perrons met poortjes), maar beperkt voor wat betreft de data-analyse de mogelijkheden enigszins omdat overstapbewegingen niet expliciet geregistreerd worden. In de bus en tram vindt het in- en uitchecken plaats in het voertuig. Dat betekent voor reizigers een extra handelingen bij een overstap, maar levert wel waardevolle inzichten op voor de overstapstromen. Dit paper richt zich op de laatste situatie: reizigersstromen in bus en tram, waarbij in het voertuig wordt in- en uitgecheckt. Onderdeel van ons onderzoek is ook de koppeling van data tussen trein en tram, maar dat wordt niet verder behandeld in dit paper.

2.3 Formaat van de data

Tabel 1 toont een voorbeeld van ruwe OV chipkaartgegevens. Elke regel bevat een rit van een reiziger, met bijbehorende check-in halte, check-uit halte, check-in tijd en check-uit tijd. Op basis van het anonieme OV chipkaartnummer kunnen meerdere ritten gecombineerd worden tot een reis, als een reiziger onderweg overstapte. Ook is voor tram en bus een lijnnummer gegeven: in het geval van parallel rijdende lijnen kan dat worden gebruikt om een rit aan een specifieke lijn te koppelen. Meestal is ook het voertuignummer en/of ritnummer bekend, waardoor een analyse mogelijk wordt van de verdeling van reizigers over individuele voertuigen, bijvoorbeeld in het geval van capaciteitsproblemen op een specifiek tijdstip of trajectdeel. Bij trein en metro is geen lijnnummer bekend in de data. Dit kan vaak wel afgeleid worden uit het check-in en check-uit station en eventueel tijdstippen. Binnen de OV-Chipkaartdata kan ook het type vervoerbewijs bekend zijn, wat iets kan zeggen over het reismotief, zij het niet met zekerheid

Tabel 1: een fictief sample van OV chipkaartdata: elke regel stelt een rit voor van één reiziger in één OV voertuig, ter eenvoud slechts voor één specifieke datum.

Anoniem OV chipkaart nummer	Check in halte	Check uit halte	Check in tijd	Check uit tijd	Lijn-nummer	(voertuig-nummer)	(type vervoerbewijs)
1	35	488	10:27	10:52	9	..	Anonieme OV chipkaart
2	23	39	8:01	8:09	1	..	OV studentenkaart
2	39	90	8:17	8:55	3	..	OV studentenkaart
3	71	94	7:20	7:53	4	..	Trajectabonnement
3	94	71	16:55	17:27	4	..	Trajectabonnement

De eerste rit in tabel 1 is de enige rit op deze dag van OV chipkaartnummer 1. Deze rit kan bijvoorbeeld zijn gemaakt om familie te bezoeken (inclusief een overnachting) of de terugweg kan zijn afgelegd met de auto. De tweede en de derde regel hebben hetzelfde OV chipkaartnummer. Daar komt bij dat deze ritten kort na elkaar zijn gemaakt, waardoor we kunnen aannemen dat deze onderdeel zijn van dezelfde verplaatsing, met een overstap. In dit voorbeeld is de uitstaphalte van de eerste rit gelijk aan de instaphalte van de tweede rit. Dit is echter niet noodzakelijk om een overstap te vormen, aangezien er soms van de ene naar de andere halte wordt gelopen, bijvoorbeeld op een groot station met meerdere perrons of indien er meerdere haltes op kruisende straten liggen. Ook de laatste twee ritten in de tabel hebben hetzelfde OV-Chipkaartnummer. Omdat daar echter veel tijd zit behoren deze niet tot dezelfde verplaatsing. Het lijken typische woon-werk ritten: 's ochtends gaat de reiziger naar zijn werk en 's avonds keert hij of zij weer terug.

3. Korte termijn voorspellingen vanuit OV-chipkaart data

3.1 OV-prognoses

Voor het maken van OV-prognoses zijn vele methodes beschikbaar; van multimodale modelsystemen tot spreadsheetmodellen. Zo zijn voor stedelijke gebieden in Nederland vaak stadsregionale modellen beschikbaar, die naast een gedetailleerd autonetwerk een gedetailleerd OV-netwerk bevatten. De vraag naar OV, in de vorm van een herkomst-bestemmingsmatrix, wordt meestal geschat met behulp van een zwaartekrachtmodel. Deze matrix voldoet zo veel mogelijk aan het mobiliteitspatroon dat in werkelijkheid wordt geobserveerd, zoals in het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN). Ten slotte wordt de matrix gekalibreerd aan de hand van tellingen, waardoor de belasting van het netwerk zo veel mogelijk overeenkomt met de werkelijke drukte. Dergelijke modellen worden door regionale overheden vooral gebruikt voor lange termijn voorspellingen, bijvoorbeeld voor beslissingen over grootschalige investeringen in infrastructuur.

Aan de andere kant van het spectrum worden door vervoerders vaak spreadsheets gebruikt om korte termijn veranderingen in de vraag naar OV te voorspellen. Daarbij worden doorgaans elasticiteiten gebruikt, bijvoorbeeld voor reistijd of voor de tarifiering. Voor deze vraagstukken kan echter ook de reken- en visualisatiekracht van verkeersmodellen aangewend worden, vooral om effecten in kaart te brengen die verder reiken dan één OV-lijn. Echter, de methoden die in verkeersmodellen worden gebruikt zijn ingewikkeld en hebben daardoor lange rekentijden. Ook sluit het strategische doel

van de verkeersmodellen niet aan bij de praktijk van een vervoerder: op detailniveau (lijn en halte) kunnen de bestaande modellen behoorlijke verschillen laten zien met de werkelijkheid, wat voor een vervoerder niet acceptabel is.

De introductie van de OV-Chipkaart maakt dat de huidige vraag naar OV bekend is op een hoog detailniveau. In plaats van de methode te doorlopen van ritgeneratie en distributie, is het mogelijk een vraagmatrix direct af te leiden uit de OV-Chipkaart data. Door het toevoegen van een zone bij elke halte(groep), is een halte-halte matrix direct een herkomst-bestemmingsmatrix. Daar komt bij dat het OV-netwerk inclusief de volledige dienstregeling vrij beschikbaar is als open data. Laatste stap is het toedelen van de vraagmatrix aan het netwerk, gebruikmakend van een toedeelalgoritme (bijvoorbeeld Brands et al. 2013).

Het resultaat is een basissituatie van een verkeersmodel, dat perfect aansluit bij de waarnemingen op straat. Daarbij is het wel nodig de routekeuzeparameters in het toedeelalgoritme te kalibreren.

3.2 Voorspellen met behulp van elasticiteiten

Op basis van de HB-matrix zoals waargenomen in de OV-chipkaart is het mogelijk korte termijn voorspellingen te doen. Het is bijvoorbeeld mogelijk om de netwerk-effecten in kaart te brengen als gevolg van een verandering in frequentie op een lijn, de verandering van een route van een lijn, het introduceren van nieuwe routes of het verhogen van de snelheid van een lijn (bijvoorbeeld door doorstromingsmaatregelen). Dit kunnen zowel tijdelijke als permanente maatregelen zijn.

De methode in deze paper is gebaseerd op elastische vraag: de relatieve veranderingen in kosten per HB-paar hebben een relatief effect op de vraag naar OV op dat HB-paar. Bij kosten worden hier generaliseerde kosten bedoeld. Deze bestaan uit in-voertuigtijd, wachttijd, aantal overstappen en tarief. Deze onderdelen van de gegeneraliseerde kosten worden gewogen opgeteld (de coëfficiënten α in vergelijking 1). Voor deze coëfficiënten is gebruik gemaakt van de Value of Time (VoT, zie Significance et. al 2013), zodat de kosten worden uitgedrukt in geldwaarde. Ook wordt de wachttijd twee keer zo zwaar gewogen dan de in-voertuigtijd (Wardman 2004). α_4 is gelijk aan 1, omdat die kosten al zijn uitgedrukt in geld.

$$C_{ij} = \alpha_1 T_{ij} + \alpha_2 WT_{ij} + \alpha_3 NT_{ij} + \alpha_4 F_{ij} \quad (1)$$

Waarbij:

C_{ij}	Gegeneraliseerde kosten op HB paar i,j
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$	Gewichten in de gegeneraliseerde kosten
T_{ij}	Invoertijd-tijd op HB paar i,j
WT_{ij}	Wachttijd op HB paar i,j
NT_{ij}	Aantal overstappen op HB paar i,j
F_{ij}	Tarief op HB paar i,j

In figuur 2 zijn de stappen in de elastische vraagberekening weergegeven. Eerst worden de gegeneraliseerde kosten voor de huidige situatie en de netwerkvariant berekend op

matrixniveau (in het kort: skimmatrices). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een OV-routekeuzemodel, toegelicht door Brands et. al (2013), met voor de basissituatie gekalibreerde routekeuzeparameters. Door deze twee kostenmatrices met elkaar te vergelijken, zijn relatieve veranderingen in kosten te berekenen. Als nu vervolgens een elasticiteit (bijv. uit Balcombe et. al 2004) toegepast wordt, ontstaan relatieve veranderingen (groefactoren) voor de vraag naar OV. Na het bewerken van de HB-matrix voor de basissituatie met deze groefactoren ontstaat een HB matrix voor de netwerkvariant. Door deze ten slotte toe te delen (gebruikmakend van het zelfde OV-toedeelalgoritme) aan het netwerk van de variant, ontstaat een voorspelling van het OV-gebruik in de situatie van die netwerkvariant.

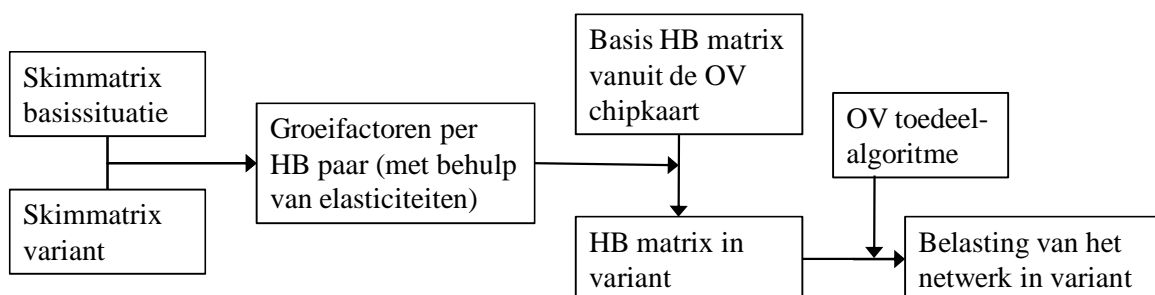
Deze berekening is ook weergegeven in vergelijking 2, waar de nieuwe vraag op HB niveau wordt berekend vanuit de vraag in de basissituatie, de kosten in beide situaties en de elasticiteitswaarde. Het optellen en aftrekken van 1 in de vergelijking zorgt ervoor dat de groefactor wordt omgezet in een relatieve groei en omgekeerd. In deze definitie moet de waarde voor elasticiteit negatief zijn, omdat een toename in kosten leidt tot een afname van de vraag.

In deze formulering wordt de verandering in de vraag direct berekend vanuit gegeneraliseerde kosten. Dit is anders dan berekeningen met de reistijdelasticiteit of tariefelasticiteit, omdat die elasticiteitswaarden slechts specifieke componenten van de gegeneraliseerde kosten betreffen. De waarde voor elasticiteit van gegeneraliseerde kosten is zodanig gekozen dat het effect van een verandering in reistijd of tarief grofweg overeenkomt met de verandering die zou worden berekend met behulp van de reistijd- of tariefelasticiteit.

$$D_{ij}^1 = \left(E \left(\frac{C_{ij}^1}{C_{ij}^0} - 1 \right) + 1 \right) * D_{ij}^0 \quad (2)$$

Waarin:

- D_{ij}^1 Vraag op HB paar i,j in de variant
- E Elasticiteit
- C_{ij}^1 Gegeneraliseerde kosten in de variant
- C_{ij}^0 Gegeneraliseerde kosten in de basissituatie
- D_{ij}^0 Vraag op HB paar i,j in de basissituatie



Figuur 2: schematische weergave van de elasticiteitenmethode

Dit model kan uitgebreid worden zodat omgegaan kan worden met gebiedsontwikkelingen, zoals nieuwe huizen of arbeidsplaatsen in een gebied. Daarvoor kan de relatieve groei van het aantal inwoners of arbeidsplaatsen worden omgezet in een groeifactor voor de OV-haltes bij die ontwikkelingen. Deze groeifactoren kunnen vervolgens worden toegepast op de betreffende rijen of kolommen van de HB-matrix. Hierbij wordt dan de aanname gemaakt dat de verdeling van de ritten over de bestemmingen (of herkomsten) gelijk blijft, ofwel zo blijft als in de basissituatie (zoals geobserveerd in de OV-chipkaartgegevens). Indien zowel rijen als kolommen worden aangepast, worden de matrixbewerkingen ingewikkelder, omdat het nodig wordt de rij- en kolomtotalen te gaan balanceren (bijvoorbeeld door gebruik te maken van de Furness methode).

4. Toepassing: HTM Trammodel

Bovenstaande aanpak is met succes toegepast bij HTM en is ingebed in de bestaande verkeersmodelsoftware Omnitrans. In dit hoofdstuk wordt deze toepassing verder toegelicht.

4.1 HTM

HTM is al 150 jaar het vervoerbedrijf in de regio Haaglanden. Dagelijks worden met drie RandstadRail-lijnen en acht tramlijnen vele reizigers vervoerd in de gemeenten Den Haag, Delft, Rijswijk, Leidschendam-Voorburg, Pijnacker en Zoetermeer. In de gemeenten Den Haag, Rijswijk en Leidschendam-Voorburg vervoert HTMbuzz reizigers naar hun bestemming met acht buslijnen en de nachten van vrijdag tot en met zondag rijdt een nachtbusnet.

Het doel van HTM is het verzorgen van collectief vervoer van deur-tot-deur, waarbij de kwaliteit van de dienstverlening door de reiziger voorop staat. Snelle, veilige en betrouwbare verbindingen brengen reizigers naar hun bestemming tegen zo laag mogelijke kosten voor de maatschappij. Sinds enkele jaren en ook de komende jaren wordt hard gewerkt aan het openbaar vervoer van de toekomst. Grote delen van het railnetwerk wordt geschikt gemaakt voor de introductie van de nieuwe stadstram: de Avenio. Deze werkzaamheden leiden soms tot aanpassingen van de reguliere exploitatie, waarbij HTM constant onderzoekt hoe de reiziger het minste hinder van deze dynamiek ervaart.

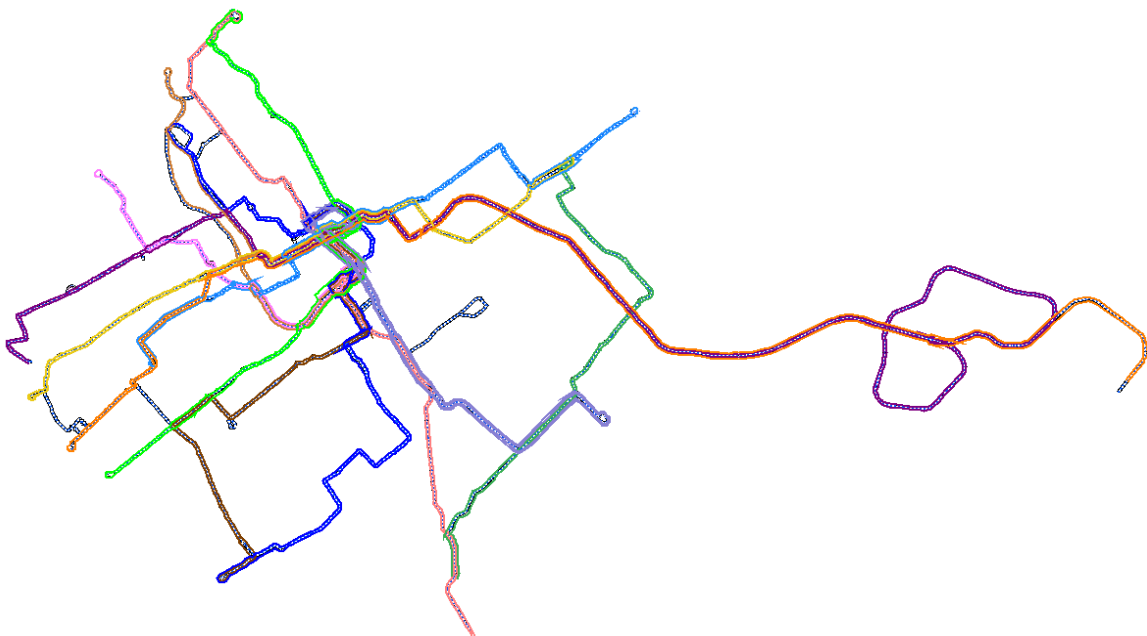
4.2 Prognose en evaluatie

De HTM afdelingen Reizigers en Planning werken nauw samen aan de ontwikkeling van het railnetwerk en om bij grootschalige werkzaamheden aan de infrastructuur de uitvoering zo goed mogelijk te organiseren. Zowel bij structurele aanpassingen in routes en frequenties als bij iedere noodzakelijke omleiding worden verschillende scenario's opgesteld, die aan de hand van verschillende vastgestelde criteria zorgvuldig worden afgewogen. Het effect van een aanpassing of een omleiding voor de reiziger speelt hierbij voor HTM een belangrijke rol. In samenspraak met de opdrachtgever het Stadsgewest Haaglanden wordt uiteindelijk gekeken naar de beste oplossing binnen de beschikbare budgetten.

Voor HTM speelt het reizigerseffect een belangrijke rol in dit afwegingsproces. Het prognosticeren van toekomstige reizigerseffecten van scenario's is een complexe berekening. Aanpassingen in routes en frequenties van een tramlijn betekenen al snel effecten op netwerkniveau. Deze berekeningen vragen om modelmatige ondersteuning. Hiervoor is de aanpak uit hoofdstuk 3 ingebed in het verkeersmodel OmniTRANS. Op basis van elasticiteiten en HTM-vuistregels (Oostra 2004) kunnen relatief eenvoudige en snelle berekeningen gemaakt worden van reizigersgedrag op netwerkniveau. Deze informatie ondersteunt het besluitvormingsproces intern HTM en met de opdrachtgever het Stadsgewest Haaglanden.

Naast het voorspellen van effecten gebruikt HTM deze tool om eerdere prognoses te evalueren. Hierbij worden eerdere prognoses vergeleken met het daadwerkelijke gebruik, dat direct in het model wordt ingeladen. De effecten worden eenvoudig gevisualiseerd in het model. Daarnaast probeert HTM te leren van deze evaluaties, om in de toekomst betere scenario's te ontwikkelen en af te wegen.

Om de OV-chipkaartdata te visualiseren is een koppeling gelegd met de data over dienstregeling en netwerk (GTFS :General Transit Feed System) in de Omnitransomgeving. GTFS is ontworpen door Google en bevat data over lijnen, locaties van haltes en vertrek- en aankomsttijden van elke rit bij elke halte. We hebben deze data vertaald naar frequenties per lijn per richting voor verschillende periodes. De GTFS-data is gekoppeld met de coördinaten en kan daarmee in kaartvorm worden getoond, zie figuur 2.



Figuur 2: Het HTM tramnetwerk, gevisualiseerd in het model

De combinatie van de geografische data en de OV-Chipkaartdata kan gebruikt worden om reizigersstromen te visualiseren op het netwerk. Om dit te bereiken is de OV-Chipkaart bewerkt, met zorg voor privacy, zodat ongeldige records worden verwijderd. Ritten worden vervolgens omgezet naar reizen. Tot slot kan deze data gekoppeld worden

aan lijn en haltes (GTFS-data) en daarmee geplote worden op het netwerk. De reizigerstromen kunnen per periode van de dag getoond worden, zoals figuur 3 laat zien. Dit kan ook in een filmpje worden afgespeeld om de ontwikkelingen over de dag goed te kunnen zien.



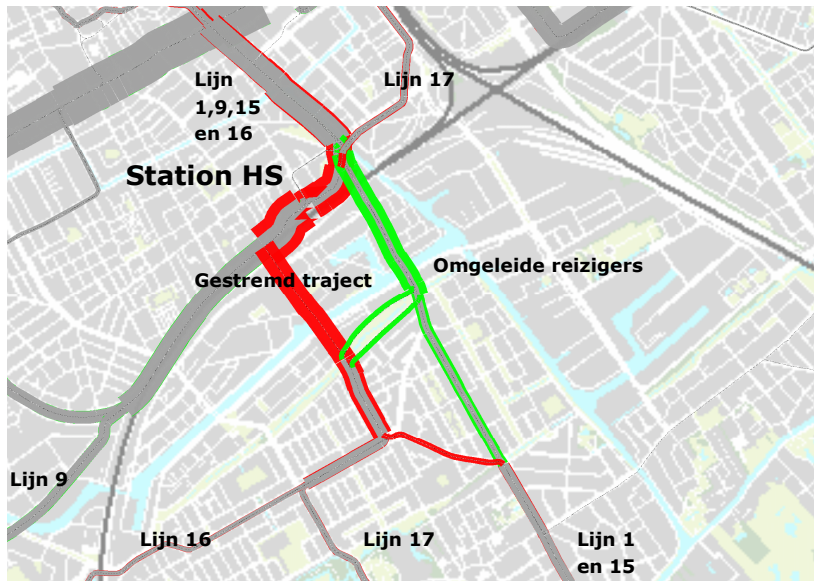
Figuur 3: Weergave van reizigerstromen door het HTM tramnetwerk per periode van de dag

4.3 Casus omleiding tram bij Station Hollands Spoor

Naast het koppelen van de OV-Chipkaartdata aan het HTM-netwerk om te kunnen evalueren is er ook de mogelijkheid om te kunnen prognosticeren, zoals in hoofdstuk 3 is gepresenteerd. In deze paragraaf illustreren we dit aan de hand van een kleine case.

In het voorjaar van 2014 was het Station Hollands Spoor voor reizigers vanwege meerdere oorzaken niet via de reguliere routes met de tram bereikbaar. Gedurende een maand reden de tramlijnen 1, 9 11, 12, 16 en 17 een aangepaste route en moesten reizigers van en naar het station verder lopen om de tramhalte te bereiken. Ter voorbereiding van deze omleiding heeft HTM verschillende scenario's bestudeerd en van de verschillende scenario's de verwachte reizigerseffecten berekend met behulp van het model. Mede op basis van deze analyse is voor het daadwerkelijk uitgevoerde scenario gekozen. Figuur 4 geeft een voorbeeld van de weergave van de resultaten van de berekeningen. Per lijn wordt weergegeven wat de verandering is ten opzichte van de ongestoorde situatie. Het geblokkeerde traject is duidelijk te zien (100% afname van reizigers). In de figuur is ook te zien wat de netwerkeffecten zijn: Hoe reizen mensen "om de bottleneck heen" of reizen ze niet meer. Te zien is dat er zowel via een andere

route gereisd wordt, als dat er minder gereisd wordt: op de ongestoorde trajecten is immers een afname te zien.



Figuur 4: Visualisatie van Whatif-analyse (rood is afname reizigers; groen is toename)

4.4 Reflectie

Hoewel waardevol, zijn er ook een aantal beperkingen aan deze methode. De aanpak is unimodaal en door het gebruik van elasticiteiten slechts toepasbaar voor kleine veranderingen. Nu de OV-Chipkaartdata beschikbaar komt, raden wij aan de elasticiteiten te actualiseren. Gedrag van reizigers bij kleine veranderingen kan relatief eenvoudig worden afgeleid nu deze data voorhanden is.

In tegenstelling tot een standaard 'viertrapsmodel' zijn complexe berekeningen, waarbij hele nieuwe niet bestaande wijken worden ontsloten of nieuwe lijnen kunnen worden berekend, niet mogelijk binnen dit model. Alleen effecten van kleinere afwijkingen in routes en frequenties kunnen worden doorgerekend. Ook grote patroonwijzigingen kunnen niet accuraat worden bepaald, omdat de basis van de analyse het bestaande reizigersgedrag is.

De aanpak en het model zijn dus goed bruikbaar, maar wel binnen duidelijke kaders.

5. Conclusies

Nederlandse OV bedrijven krijgen door de introductie van de OV-Chipkaart de beschikbaarheid over grote hoeveelheden data over reispatronen hun reizigers. In de Nederlandse bussen en bijna alle trams moeten reizigers in het voertuig zowel in- als uitchecken, waardoor waardevolle inzichten over HB-patronen kunnen worden afgeleid.

Dit artikel verkent de mogelijkheden om, de privacy van reizigers respecterend, deze data te gebruiken voor voorspellingen van nieuwe reispatronen bij kleine aanpassingen van netwerk en/of dienstregeling. Het doel is om relatief eenvoudige "What-if" tooling te ontwerpen, die snel en voldoende nauwkeurig prognoses kan maken.

De werking van de tooling is eenvoudig en ingebed in bestaande verkeersmodelsoftware. De anonieme OV-chipkaartdata wordt toegedeeld aan het OV netwerk in het model. Hierdoor kunnen huidige stromen gevisualiseerd worden op het OV- netwerk. Door gebruik te maken van bestaande elasticiteiten (zowel uit de literatuur als op basis van gangbare vuistregels) kunnen eenvoudige prognoses gemaakt worden, bijvoorbeeld om inzicht te krijgen in inkomstenderving door omleidingen of om effecten te schatten van bezuinigingsmaatregelen.

We hebben de gepresenteerde methodiek toegepast op het tramnetwerk van HTM in Den Haag. Inmiddels is daar ook het busnetwerk aan toegevoegd. De tool bleek waardevol te zijn voor de vervoerder in de zin van het maken van prognoses. Dat kan nu sneller en nauwkeuriger, waarbij ook de resultaten beter dan voorheen gepresenteerd kunnen worden.

De volgende stap in ons onderzoek is het koppelen van de reizigersdata aan de voertuigdata, waardoor gedetailleerdere analyses gemaakt kunnen worden van bijvoorbeeld reizigerspunctualiteit.

Acknowledgements

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met HTM Personenvervoer, Goudappel Coffeng en DAT.Mobility.

Referenties

Bagchi, M, P. White (2005). The Potential of Public Transport Smart Card Data. *Transport Policy*, Vol. 12, No. 5, pp 464-474.

Balcombe, R., Mackett, R., Paulley, N., Preston, J., Shires, J., Titheridge, H., Wardman, M., White, P. (2004). *The demand for public transport: a practical guide*

Brands, T., E. de Romph, T.Veitch, Cook, J. (2013). Modelling public transport route choice, with multiple access and egress modes. *Transportation Research Procedia*: Presented at 41st European Transport Conference, Frankfurt, Germany.

Cheung, F. (2006). Implementation of Nationwide Public Transport Smart Card in the Netherlands: Cost-Benefit Analysis. *Transportation Research Record*, No. 1971.

Kurauchi, F., J.D. Schmöcker, H. Shimamoto, S.M. Hassan (2014). Variability of commuters' bus line choice: an analysis of oyster card data. *Public Transport*, Vol. 6, No. 1-2, pp. 21-34.

Lee, A., N. van Oort, R. van Nes (2014). Service Reliability in a network context: impacts of synchronizing schedules in long headway services, *Transportation Research Record*.

Leusden, R. van, Oort, N. van (2011). Excellent OV naar de Uithof: Capaciteits- en betrouwbaarheidsverbetering door tram in Utrecht. *Bijdrage aan het colloquium vervoersplanologisch speurwerk* (pp. 1-14).

- Leusden, R van, Oort, N. van, Ebben, M. (2012). Robuuster, goedkoper en beter openbaar vervoer door gebruik van GOVI-data. Bijdrage aan het colloquium vervoersplanologisch speurwerk (pp. 1-12).
- Ma, X., Y.J. Wu, Y. Wang, F. Chen, J. Liu (2013). Mining smart card data for transit riders' travel patterns. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 36, 2013, pp. 1-12.
- Morency, Catherine, M. Trepanier, B. Agard (2007). Measuring transit use variability with smart-card data. *Transport Policy*, Vol. 14, No. 3, pp. 193-203.
- Munizaga, M., C. Palma (2012). Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin-Destination matrix from passive smart card data from Santiago, Chile. *Transportation Research C*, Vol. 24, pp. 9-18.
- Park, J., D.J. Kim, D.J., Y. Lim (2008). Use of Smart Card Data to Define Public Transit Use in Seoul, South Korea. *Transportation Research Record*, No. 2063, pp.3-9.
- Oort, N. van (2014). OV-data wereldwijd omarmd. *OV Magazine*, augustus.
- Oostra, R. (2004). Elasticiteitsonderzoek binnen het vervoergebied van HTM. TU Delft, 2004
- Pelletier, M., M. Trepanier en C. Morency (2011). Smart card data use in public transit: A literature review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 19, No. 4, 2011, pp. 557-568.
- Schmöcker, J.D., H. Shimamoto, F. Kurauchi (2013). Generation and calibration of transit hyperpaths. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 36, pp. 406-418.
- Seaborn, C., J. Attanucci, N.H.M. Wilson (2009). Analyzing Multimodal Public Transport Journeys in London with Smart Card Fare Payment Data. *Transportation Research Record*, No. 2121.-1, pp. 55-62.
- Significance, VU University, John Bates Services, TNO, NEA, TNS NIPO en PanelClix (2013). Values of time and reliability in passenger and freight transport in The Netherlands. Report for the Ministry of Infrastructure and the Environment, Significance, The Hague.
- Translink Systems (2014). <https://www.translink.nl/nl-NL/OV-chipkaart/Techniek-OV-chipkaart>. retrieved on 17th of June.
- Wang, W., Attanucci, J.P., N.H.M. Wilson (2011). Bus Passenger Origin-Destination Estimation and Related Analyses. *Journal of Public Transportation*, Vol. 14, No. 4, pp. 131-150.
- Wardman, M. (2004). Public transport values of time. *Transport Policy*, Vol. 11, No. 4, pp. 363-377.