TVW

Tijdschrift Vervoerswetenschap
Jaargang 47, nummer 1
oktober 2011
Pagina 22-32
ISSN: 1571-9227
www.vervoerswetenschap.nl

Reisinformatie, Telewerken en Bereikbaarheid: Het TRISTAM Perspectief

Harry Timmermans
Technische Universiteit Eindhoven (TUE)[1]

Caspar Chorus, Serge Hoogendoorn
Technische Universiteit Delft (TUD)

Erik Verhoef
Vrije Universiteit Amsterdam (VU)

1. Inleiding[2]

De sterke groei in informatie- en communicatietechnologie (ICT) heeft geleid tot allerlei initiatieven om de bestaande capaciteit van verkeersnetwerken optimaal te benutten door toepassing van deze technologie. Reisinformatie is allereerst een middel om de tevredenheid van reizigers te verbeteren. Vooral in geval van vertraging is de klant gebaat bij snelle en betrouwbare informatie. Reisinformatie, vooral als deze multi-modale verkeerssystemen betreft, vergroot echter ook de kennis van de reiziger over verschillende reisopties, en kan onzekerheden verkleinen. Dit betekent dat reizigers wellicht hun gedrag kunnen aanpassen omdat men meer en beter is geïnformeerd over de verschillende reisopties.

De meest elementaire vorm van reisinformatie is statische informatie: informatie over routes, reistijden, kosten en dergelijke is beschikbaar via een of meer communicatiemedia. De informatie over reistijd betreft de geplande of gemiddelde reistijd (voor dat tijdstip van de dag). Dergelijke informatie is vooral nuttig om de algemene kennis van de reiziger over reisopties te vergroten. Deze vorm van reisinformatie geeft echter niet de actuele situatie weer. Dat geldt wel voor dynamische reisinformatie, waarbij de informatie geactualiseerd wordt aan de hand van de laatste situatie. GPS-signalen in navigatiesystemen of in smart phones zijn bruikbaar om de actuele verkeerssituatie af te beelden; sensoren zijn bruikbaar om de actuele snelheid op de wegen te meten. Vertrek en aankomsttijden van openbaar vervoer kunnen automatisch doorgegeven worden aan een centrale, van waaruit vervolgens reisinformatie wordt geactualiseerd. Op deze manier zijn vertragingen, files e.d. door te geven, zodat reizigers bij de aanvang van hun verplaatsing of tijdens hun verplaatsing hun plannen eventueel kunnen

[1] PO Box 513, 5600 MB, Eindhoven, T: +31(0)402473315, F: +31(0)402438488, E: h.j.p.timmermans@tue.nl

[2] Naast de auteurs zijn ook de volgende onderzoekers werkzaam binnen dit programma (zij hebben als zodanig dus ook indirect bijgedragen aan de totstandkoming van dit artikel): Zahra Parvaneh (TUE), Anna Koronova (TUE), Theo Arentze (TUE), Zack Lu (TUD), Bert van Wee (TUD), Giselle Ramos de Moraes (TUD), Winnie Daamen (TUD), Sergejs Gubins (VU) en Thomas de Graaff (VU).

aanpassen.

De meeste investeringen in reisinformatiesystemen betreffen traditioneel de statische systemen, en dergelijke investeringen gaan door. Daarnaast zien we in binnen- en buitenland nieuwe initiatieven en pilot-projecten om dynamische verkeerssystemen te ontwikkelen. Het beschikbaar komen van dergelijke systemen lijkt slechts een kwestie van tijd – de technologie is beschikbaar, basisinformatie komt steeds meer centraal beschikbaar en de reizigers kunnen steeds eenvoudiger van dergelijke informatie gebruik maken door een snelle verspreiding van navigatiesystemen en smart phones. Interessant hierbij is de vraag of reisinformatie ook een interessante en potentiële business case zou kunnen zijn. De meningen hierover lopen enigszins uiteen, maar resultaten van onderzoeken lijken aan te geven dat reizigers, vooral in de context van openbaar vervoer, dergelijke informatie vooral zien als een aspect van serviceverlening. Hun bereidwilligheid om er voor te betalen lijkt vooralsnog gering.

Nog een stap verder gaan reisinformatiesystemen die de verkeerssituatie voor een toekomstige situatie voorspellen. Het spreekt voor zich dat de complexiteit van dergelijke systemen groter is omdat een model nodig is met behulp waarvan verkeersstromen real time gesimuleerd kunnen worden, leidend tot betrouwbare voorspellingen. Werk in deze richting wordt momenteel zowel bij de universiteiten en consultants verricht en de eerste prototypen van dit soort systemen hebben het daglicht gezien.

Bovenstaande reisinformatiesystemen zijn voorbeelden van zogenaamde *descriptieve* systemen: hun doel is de situatie te beschrijven in heden en toekomst. Naast deze descriptieve systemen, kan ook worden gedacht aan *prescriptieve* systemen. Dergelijke systemen geven geen informatie over bepaalde aspecten van het verkeerssysteem, maar geven reisadviezen (routes, vertrektijden, vervoermiddelen, etc.). Het doel achter dit advies kan verschillen. Het kan ingegeven zijn om het beste advies voor een individuele reiziger te geven (een persoonlijke planner), maar het kan ook ingegeven zijn om een bepaald algemeen doel (bijvoorbeeld zo goed mogelijke doorstroming) te bewerkstellingen. In wetenschappelijk opzicht vormen deze vormen van reisinformatie een grote uitdaging. Om het beste advies te geven, ongeacht de specifieke achterliggende doelstelling, is het van essentieel belang goed inzicht te hebben in de vraag hoe de reiziger zal reageren op het gegeven advies. Hiertoe is een model van reizigersgedrag nodig, maar het is niet onmiddellijk duidelijk welke beslissingsmechanismen hierin mee genomen moeten worden. In hoeverre handelen reizigers strategisch (als anderen hetzelfde advies krijgen en dat volgen, kan ik beter het advies juist niet opvolgen)? In hoeverre speelt de betrouwbaarheid van de informatie een rol (zal een reiziger een volgende keer weer het advies opvolgen indien blijkt dat het deze keer slecht is uitgepakt?). In hoeverre spelen leereffecten een rol? Hoe wordt het reisadvies afgewogen tegen persoonlijke inzichten, ervaringen en verwachtingen?

In vergelijking met algemene kennis over reisgedrag is relatief weinig bekend over het aanpassingsgedrag van reizigers onder invloed van descriptieve en vooral prescriptieve reisinformatie. Als onderdeel van het NWO-programma Duurzame Bereikbaarheid Randstad (DBR) is daarom een onderzoeksprogramma gestart met als titel *TRISTAM* (Traveller Response and Information Service Technology: Analysis and Modelling). Het onderzoeksprogramma, georganiseerd in vier afzonderlijke, maar samenvattende projecten, beoogt inzichten te geven in de gevolgen van verschillende vormen van reisinformatie op:

- routekeuze en daarmee op de effecten voor het netwerk
- integrale activiteitenprogramma's (ook starttijd, participatie in activiteiten, de locatie waar deze worden verricht, vervoerwijze keuze, en daarmee op allerlei ruimtelijke externaliteiten)
- de bereikbaarheid van locaties
- de gevolgen voor beleid

Als we praten over reisinformatie dan is de rol van ICT vooral die van drager van de informatie. ICT maakt het echter ook mogelijk dat mensen bepaalde activiteiten thuis kunnen doen (telewerken, telewinkelen, telebankieren, teleconferencing, etc.). Een interessante vraag die zich dan voordoet, is of dergelijke tele-activiteiten leiden tot minder verplaatsingen. Het antwoord op deze vraag is niet onmiddellijk duidelijk. Tijdwinst in reistijd kan besteed worden aan andere activiteiten, die meer (kortere) verplaatsingen met zich mee brengen. De auto die wellicht thuis blijft kan door andere leden van het gezin worden gebruikt, etc. Een van de projecten onder *TRISTAM* bestudeert daarom de effecten van telewerken.

Het programma is nu bijna twee jaar geleden van start gegaan. Dit artikel geeft een overzicht van het programma en van de stand van zaken. Het accent ligt op inzichten uit de literatuur, waar relevant aangevuld met eerste empirische bevindingen.

2. Reisinformatie en routekeuze

Reistijden variëren van dag tot dag, en zijn daarmee inherent onzeker. Bij de keuze van vertrektijd en route dienen reizigers rekening te houden met deze onzekerheid, vooral als de activiteit die men wenst of dient te verrichten, een tijdige aanwezigheid vereist. Bij de modellering van route en vertrektijdkeuze onder onzekerheid heeft men hiermee rekening gehouden door bijvoorbeeld penalties in te voeren voor zowel te vroege als te late aankomsttijden. Afhankelijk of een reiziger dan risicozoekend of risicomijdend is, zal met een ander gedrag voorspellen.

Reisinformatie zal deze onzekerheid reduceren. Indien de informatie perfect is zelfs volledig. In meer algemene termen, zal een reiziger echter de gegeven informatie beoordelen tegen de achtergrond van eerdere ervaringen (leren van de geloofwaardigheid of betrouwbaarheid van de reisinformatie). Persoonlijke verwachtingen met betrekking tot reistijd zullen dan aangepast worden aan de verkregen informatie. Op basis daarvan dient dan een afweging en keuze gemaakt te worden.

Het concept van verwacht nut heeft lang aan de basis gelegen van deze afwegingen. De subjectieve kans op een bepaalde toestand (reistijd) wordt vermenigvuldigd met het nut dat aan die toestand wordt ontleend. Het verwachte nut is dan gelijk aan de gewogen optelling van het nut per toestand over de toestanden. De subjectieve kansen fungeren hierbij als de gewichten. Een rationeel iemand wordt dan verondersteld de optie te kiezen die het verwacht nut maximaliseert. Recent zijn echter alternatieve theorieën en modellen geformuleerd, soms op basis van veel oudere theorieën, die zijn ontwikkeld in andere wetenschapsgebieden. Enkele van deze zijn ook toegepast op het probleem van routekeuze. Voorbeelden zijn mean-variance models (e.g., Sen *e.a.*, 2001), regret theory (Chorus *e.a.*, 2006a), random-regret minimization (Chorus *e.a.*, 2008), Bayesian Belief Networks (e.g., Sun *e.a.*, 2009), en vooral (cumulative) prospect theory (Tversky en Kahneman, 1979). In vergelijking met expected utility theory veronderstelt prospect theory dat het beslissingsproces bestaat uit twee delen: een "editing" fase en een "evaluation" fase. Bij het editen wordt een onderscheid tussen winst en verlies van de verschillende opties. Dit is een essentieel aspect. De theorie veronderstelt dat een reiziger een referentiepunt hanteert (bijvoorbeeld te vroeg of te laat aankomen), en dat winst en verlies niet alleen wordt bepaald ten opzichte van dit referentiepunt, maar dat ook de beoordeling afhankelijk is van dit referentiepunt. Tijdens de evaluatiefase evalueert de reiziger de uitkomsten van ieder alternatief in termen van een zogenaamde waardefunctie en transformeert de objectieve kansen in subjectieve kansen op basis van een zogenaamde probability weighting function. De waardefunctie is S-vormig, concaaf voor winsten en convex voor verliezen.

De relevantie van de prospect theory werd onderzocht in een studie naar routekeuze, waarbij verschillende situaties werden vergeleken. Deze situaties betroffen een vertrektijd om 8 uur en

aankomsttijden binnen 1 uur na vertrek, ofwel voor overleg met collega's (scenario 1) of voor een sollicitatiegesprek (scenario 2). 45 proefpersonen (20 voor scenario 1 en 25 voor scenario 2) maakten 40 opeenvolgende keuzen tussen 3 routes van 30 km, die als volgt van elkaar verschilden. Route 1 is de snelste route, vooral via het hoofdnetwerk. Route 2 is de meest betrouwbare route, vooral via landelijke wegen, terwijl route 3 een tussenvorm is. Vier referentie punten werden onderzocht: (i) de vervoerwijze van de snelste route, (ii) de vervoerwijze van de meest betrouwbare route, (iii) de gemiddelde reistijd van alle routes, en iv) de minimum reistijd van de snelste route. Voorlopige resultaten gaven aan dat de gekozen routes niet altijd de voorspelde routes op basis van de expected utility theory zijn. Als voorspellend model heeft de prospect theory dus enige waarde. Daarnaast bleek dat de voorspelling sterk afhankelijk was van het referentiepunt dat werd gekozen. Men name de gemiddelde reistijd bleek minder te werken. Dit zou kunnen suggereren dat reizigers concrete alternatieven met elkaar vergelijken.

Het werken met reisinformatie zal de analyse complexer maken omdat dan ook rekening gehouden moet worden met de betrouwbaarheid van de informatie. Indien de informatie niet descriptief maar prescriptief wordt, is het probleem nog complexer in die zin dat prescriptieve informatie niet vervat is in termen van expected utility, prospect of regret theory en er dus een extra vertaalslag nodig is.

3. Reisinformatie en dagelijkse activiteiten-reispatronen

In dit project ligt de nadruk niet primair op wijzigingen in routekeuze van individuen als reactie op reisinformatie maar op de vraag in hoeverre het verschaffen van reisinformatie en het geven van concrete reisadviezen leidt tot verdere aanpassingen in dagelijkse activiteitenpatronen. Het kan bijvoorbeeld zijn dat de keuze van een andere route het gemakkelijker maakt om ook op een andere locatie dan gebruikelijk te tanken of dagelijkse boodschappen te doen. Of het kan zijn dat de andere route zoveel extra tijd vraagt, dat bepaalde geplande activiteiten voor die dag verschoven moeten worden, of door andere leden van het huishouden overgenomen moeten worden (bijvoorbeeld iemand anders haalt de kinderen van school). Momenteel wordt binnen het project gewerkt aan een simulatiemodel om ideeën te testen en na te gaan of een integratie van bestaande benaderingen in een meeromvattend model mogelijk is. Uit de literatuur zijn echter al wel resultaten bekend over een deel van de geschetste problematiek.

Het belangrijkste resultaat is dat mensen de neiging hebben eerst te kiezen voor "least-effort" aanpassingen (bv. Arentze, Hofman en Timmermans, 2004). Iets eerder vertrekken of gewoon later aankomen en verontschuldigingen aanbieden is eenvoudiger dat een gepland schema voor de hele dag over hoop halen. Verder blijkt dat de urgentie van de activiteiten en het verschil in nut om een bepaalde activiteit op een andere locatie of op een ander tijdstip te verrichten een rol speelt (Joh, Arentze en Timmermans, 2006). Naarmate flexibiliteit in tijd en ruimte toeneemt, zal de betreffende activiteit ook eerder verschoven worden in de agenda. Tenslotte, men zal eerder terugvallen op een ander schema dat men eerder heeft uitgevoerd, dat men dus kent en dat in het repertoire voorkomt, dan met alle risico's van dien een nieuw schema proberen.

Conceptueel betekent dit dat reizigers door eigen ervaring, informatie via media of sociaal netwerk, bepaalde verwachtingen (beliefs) hebben over kenmerken van het verkeersnetwerk (bijvoorbeeld reistijd) en de leefomgeving. Deze beliefs geven subjectieve kansen aan, bijvoorbeeld de kans dat de reistijd op een bepaald traject 25-30 of 30-35 of 35-40 minuten zal zijn. De beliefs kunnen contextafhankelijk zijn: mensen kunnen denken dat reistijden langer zijn op bepaalde dagen van de week of bepaalde momenten van de dag of afhankelijk zijn van het weer. Voor de planning van activiteiten en verplaatsingen zullen mensen een beperkt aantal opties overwegen (de meest relevante uit hun repertoire en wellicht een alternatief als men het gevoel heeft dan het beter moet kunnen). Aan elke optie ontleent men een bepaald nut dat afhankelijk is van de activiteiten in het plan, hun urgentie, hun duur, de plaats waar de activiteiten worden

verricht, met wie, het moment, de vervoerwijze en de (opportunity) kosten. Aan iedere optie hangt dus een subjectieve kans dat bijvoorbeeld de feitelijke reistijden overeenkomen met die welke in deze mentale simulatie worden overwogen. Afhankelijk dan van het risico dat men bereid is te nemen, zal een andere beslissing worden genomen.

Reisinformatie, zowel in descriptieve als prescriptieve zin, is mee te nemen in deze aanpak. Indien de informatie descriptief is, zullen afhankelijk van de geloofwaardigheid van de informatie, de subjectieve kansen worden aangepast. De overige mechanismen kunnen echter gelijk blijven. Indien de informatie en-route wordt gegeven, dient de reiziger te kijken of het plan verder wordt uitgevoerd of dat de (verwachte) vertraging zodanig groot is dat aanpassing noodzakelijk is. In principe kan een aanpassing elk onderdeel van het plan betreffen of een combinatie daarvan . In feite gaat om een nieuwe mentale simulatie met aangepaste informatie.

Indien het gaat om een aanbeveling, dan zal deze aanbeveling vertaald moeten worden in deze conceptualisatie. De opties die geëvalueerd moeten worden, worden direct bepaald door het reisadvies. Inferenties dienen te worden gemaakt met betrekking tot verwachte reistijden (om bij het voorbeeld te blijven). Indien het advies publiek is, dient tevens ingeschat worden hoeveel anderen het reisadvies zullen opvolgen en wat de gevolgen daarvan zijn voor verwachte reistijden. Dit alles lijkt complex, maar we moeten niet vergeten dat mensen dagelijks dit soort mentale simulaties en inferenties uitvoeren. Mensen maken dergelijke inschattingen, doen ervaringen op van de gevolgen van gemaakte keuzen, en kunnen hun keuzen aanpassen gebaseerd op ervaringen uit het verleden. Soms kunnen dergelijke aanpassingen betrekkelijk snel worden gemaakt, soms is eerst een zekere accumulatie van consistent (negatieve) ervaringen nodig alvorens men alternatieven overweegt en uitprobeert. Het model simuleert deze processen.

4. Bereikbaarheidsmaten voor het ICT-tijdperk

De variëteit van manieren waarop 'bereikbaarheid' wordt gedefinieerd in transportbeleidsdocumenten geeft aan hoe belangrijk het concept is binnen ons vakgebied en ook hoe multi-interpretabel het is. Waar de ene studie bereikbaarheid definieert in termen van de hoeveelheid banen binnen een cirkel met een bepaalde straal, hanteert een volgend beleidsdocument een tijd-gebaseerd perspectief (wat kan een persoon allemaal bereiken binnen een bepaalde reistijd?), om twee willekeurige voorbeelden van conceptualisering te noemen. Er geldt een duidelijke afweging tussen theoretische en praktische bruikbaarheid van de bereikbaarheidsmaat: de hierboven genoemde maten zijn dan wel erg intuïtief en makkelijk te communiceren, ze vertellen maar een deel van het 'bereikbaarheidsverhaal' en kunnen leiden tot suboptimale beleidsbeslissingen. Daarentegen is de theoretische fundering van de koningin van de bereikbaarheidsmaten, de zogeheten Logsum, vrijwel onbetwist (Small en Rosen, 1981; Ben-Akiva en Lerman, 1985)[3]. De Logsum-maat geeft het verwachte nut weer van de set alternatieven (bijvoorbeeld: combinaties van bestemmingen, vervoerswijzen en routes) die een reiziger tot zijn of haar beschikking heeft. Bereikbaarheid kan – gegeven dit perspectief – worden vergroot ofwel door het disnut van het reizen te verkleinen (bijvoorbeeld door de reistijd te verkorten of de reistijdbetrouwbaarheid te vergroten), ofwel door het nut van een bestemming te vergroten (bijvoorbeeld: door het vloeroppervlak van een winkelgebied te laten toenemen), ofwel door meer alternatieven toe te voegen (nieuwe routes, nieuwe bestemmingen).

Helaas is de conceptuele en wiskundige afleiding van deze op de random utility theory gebaseerde bereikbaarheidsmaat relatief ingewikkeld, waardoor het gebruik ervan buiten de universitaire campus beperkt blijft tot een relatief kleine groep gespecialiseerde beleidsmakers en

[3] Zie Geurs en van Wee (2004) voor een uitgebreide review van veelgebruikte bereikbaarheidsmaten en van hun onderlinge verschillen.

adviseurs. Los van deze afweging, is de algemene consensus dat elke specifieke context zijn eigen bereikbaarheidsmaat kan hebben en dat de relevantie van verschillende maten dus sterk afhangt van de transportbeleidvraag die aan de orde is. Er is geen ideale maat voor alle vragen tegelijk, maar er is er wel één voor elke vraag afzonderlijk. In dit deel van het *TRISTAM*-onderzoek laten wij zien dat wanneer je een goed inzicht wilt hebben in de effecten van ICT-gebruik op bereikbaarheid, je niet om de meest geavanceerde bereikbaarheidsmaat uitkomt – de hierboven besproken Logsum.

Zo kunnen bereikbaarheidsmaten die het aantal banen tellen binnen een bepaald gebied vanzelfsprekend niet dienen om de effecten van telewerken op bereikbaarheid te beschrijven. Ook de invloed van reisinformatie op bereikbaarheid is niet in te schatten door enkel te kijken naar generieke en objectieve afstanden in ruimte en tijd: het gaat er om wat de perceptie is van de reiziger, hoe deze beïnvloed wordt door informatie en ervaring, en hoe deze strookt met de werkelijkheid. De Logsum-maat is – anders dan andere bereikbaarheidsmaten – gebouwd rondom een gedragsmodel; zij berekent de bereikbaarheid op basis van inschattingen aangaande de voorkeuren en percepties van de reiziger. Als zodanig is deze maat uitstekend geschikt om de impact van ICT op bereikbaarheid te beschrijven. Neem de rol van telewerken: binnen het Logsum-perspectief is de telewerk-optie niks anders dan een alternatieve wijze om de activiteit 'werk' te verrichten, met een eigen (dis-)nut. Afhankelijk van de voorkeuren van de reiziger en de kenmerken (bijvoorbeeld Level-of-Service) van het transportsysteem kan dit (dis-)nut groter of kleiner zijn dan dat van het werken op locatie. Ook de effecten van reisinformatie op bereikbaarheid zijn uitstekend te modelleren binnen een Logsum-benadering: door een leermodel te koppelen aan de Logsum, kan berekend worden hoe informatie over reistijden de perceptie van de reiziger en daardoor ook de nutten van verschillende opties beïnvloedt, en zo uiteindelijk de bereikbaarheid (Chorus en Timmermans, 2009a, b).

In dit onderzoeksproject wordt gekeken op welke wijze de Logsum-maat kan worden gecombineerd met gedragsmodellen (keuzemodellen en leer-modellen) om een optimale beschrijving van de invloed van ICT op bereikbaarheid te geven. Met 'optimaal' wordt hier bedoeld: theoretisch zinvol én praktisch hanteerbaar. Het is uitdrukkelijk niet de bedoeling om met een 'ideale', maar niet te hanteren maat op de proppen te komen. Integendeel – we streven naar een maat die weerklank zal vinden in de beleids- en beroepspraktijk. Eén dergelijke aanvulling van de Logsum-maat betreft de combinatie met een zogeheten Constrained-Multinomiaal Logit model[4]. Dit CMNL-model (Martinez e.a., 2009) gaat expliciet in op de beperkingen die reizigers ondervinden bij het uitvoeren van hun mobiliteits-/activiteiten-patronen; neem de sluitingstijden van winkels, of het simpele feit dat er maar 24 uren in een dag zitten. Hoewel het CMNL-model is ontwikkeld zonder de effecten van ICT op keuzegedrag in beschouwing te nemen, tonen onze analyses aan dat de effecten van ICT op bereikbaarheid prima gemodelleerd kunnen worden door de Logsum te koppelen aan het CMNL-model: zo kan iemand winkelsluitingstijden omzeilen door te 'teleshoppen'. Afhankelijk van de mate waarin sluitingstijden een beperkende rol spelen voor de reiziger, zal het nut van de teleshop-optie variëren – en deze variatie in nut is via de Logsum eenvoudig te vertalen in termen van bereikbaarheid.

Naast het inzicht bieden in de effecten van verschillende vormen van ICT op bereikbaarheid, kan de Logsum ook zeer effectief ingezet worden – mits gecombineerd met een leermodel – om mogelijke *synergie*-effecten te identificeren en kwantificeren. Een voorbeeld van een dergelijk synergie-effect is het feit dat de optie om te telewerken aantrekkelijker wordt, wanneer de reiziger ook de beschikking heeft over geavanceerde pre-trip reisinformatie. Door eerst te

[4] Gegeven dat dit CMNL-model, net als het reguliere MNL-model, binnen het zogenaamde Random Utility Maximization-paradigma valt, kan ook voor dit model een Logsum worden afgeleid die als bereikbaarheid geïnterpreteerd kan worden.

achterhalen of er vertraging is op de route, kan vervolgens de keuze gemaakt te worden later te vertrekken of helemaal niet. Andersom wordt de reisinformatie ook waardevoller wanneer er goede alternatieven (zoals telewerken) zijn voor de gebruikelijke combinatie van vervoerswijze / route / vertrektijdstip. Het heeft weinig zin om te kijken of er files staan, wanneer je weet dat er niks anders opzit dan indien van toepassing achteraan aan te sluiten. In het algemeen geldt, dat de effecten van multidimensionale ICT'en (zoals telefoons met internetverbinding) op bereikbaarheid vaak groter zullen zijn dan de som van de effecten van de afzonderlijke vormen (zoals reisinformatie of de optie om te telewerken). Hoewel deze vormen van synergie intuïtief zijn en een grote mate van beleidsrelevantie hebben, worden ze niet of nauwelijks meegenomen in bereikbaarheidsstudies – waarschijnlijk omdat het geen sinecure is om ze te 'vangen' in kwantitatieve bereikbaarheidsmaten. In ons onderzoek tonen wij aan hoe de combinatie van een leermodel, het CMNL-model en de Logsum kan worden ingezet om deze synergiën te identificeren en kwantificeren. In tweede instantie zullen wij, met behulp van keuze-experimenten in een reissimulator-omgeving, onze modellen empirisch toetsen. Uiteindelijk zal ons onderzoek leiden tot een modelmatig instrumentarium voor de berekening van de effecten van ICT op bereikbaarheid, en ook tot concrete aanbevelingen voor de effectieve en efficiënte inzet van ICT'en ter vergroting van de bereikbaarheid – want daar is het ons natuurlijk uiteindelijk om te doen.

5. Verkeerscongestie en ICT: een economisch perspectief

Er lijkt behoorlijk wat optimisme te zijn over de mogelijkheden om met ICT-toepassingen een bijdrage te kunnen leveren aan het terugdringen van verkeersproblemen, met name congestie. Dit rechtvaardigt nader onderzoek; immers, voordat we onze kaarten op dergelijke oplossingen zetten, moeten we wel weten in welke mate deze effectief zouden kunnen zijn, en als dat in voldoende mate het geval is, hoe we de gewenste resultaten dan het best kunnen proberen te realiseren. Het economische project binnen *TRISTAM* richt zich op deze vragen.

Hierbij wordt, net als in de overige projecten, een expliciet onderscheid gemaakt tussen twee typen ICT. De ene soort zou je kunnen aanduiden als een "complement" van het maken van een verplaatsing. Hier gaat het dus om technologieën die het de bestuurder gemakkelijker maken om de juiste keuzes te maken voor zij de weg opgaat, dan wel tijdens de verplaatsing. De tweede soort is juist veeleer een "substituut" van het maken van verplaatsingen, in de zin dat het bepaalde verplaatsingen overbodig maakt dan wel naar een ander tijdstip verdringt. In de context van spitsverkeer gaat het dan veelal om technologieën die het de werknemer mogelijk maken om – al dan niet een deel van de dag – thuis te werken.

Van beide typen ICT kan worden verwacht dat er in potentie een merkbaar effect op de verkeersvraag zou moeten kunnen uitgaan. Maar dat wil nog zeggen dat we ze "dus" op grote schaal zouden moeten inzetten, en helemaal niet dat dit door de overheid zou moeten gebeuren. Het zou kunnen – maar het mag niet zomaar worden aangenomen.

Om hier meer inzicht in te krijgen, is een eerste belangrijke stap het in beeld krijgen van de (potentiële) economische baten van deze technologieën. En bij die baten is het van belang een onderscheid te maken tussen aan de ene kant de baten die bij de gebruiker van de technologie terechtkomen, en die zich daarmee als koopkrachtige vraag in de markt zou kunnen manifesteren, en aan de andere kant de maatschappelijke baten, waarin ook rekening wordt gehouden met de effecten op de welvaart van anderen indien een weggebruiker besluit zich van de technologie te voorzien.

Het verschil tussen beide maatstaven wordt veroorzaakt door externe kosten of baten die met het gebruik van de technologie samen kunnen hangen. Die externe baten en kosten op hun beurt ontstaan vaak doordat de feitelijke en potentiële gebruikers van de technologie interactie (kunnen)

hebben op het verkeersnetwerk ten gevolge van congestie. Als iemand vanwege betere mogelijkheden tot thuiswerken besluit om de ochtendspits te vermijden, dan mag verwacht worden dat dit, vanwege de kortere reistijd, baten oplevert voor diegenen die wel in de ochtendspits blijven rijden. En als iemand door on-board verkeersinformatie besluit de route te wijzigen als sprake is van onverwacht ernstige congestie (bijvoorbeeld ten gevolge van een ongeval), dan zal die beslissing er toe leiden dat die congestie iets minder wordt dan dat zonder deze beslissing het geval zou geweest. In beide voorbeelden is sprake van externe baten: andere reizigers profiteren van de andere beslissingen die degene met ICT maakt. Toch kunnen ook externe kosten optreden. Zo zal iemand met informatie op een dag met onverwacht lichte congestie wellicht toch de weg opgaan, waar zij dat zonder informatie misschien niet had gedaan. Ook is het zo dat de baten die iemand heeft van het hebben van reisinformatie lager kunnen worden naarmate meer mensen die informatie hebben. Om het voorbeeld van het ongeval nog even te halen: een enkele geïnformeerde reiziger kan profiteren van een andere routekeuze. Maar naarmate meer reizigers geïnformeerd raken, wordt het waarschijnlijker dat – door de grotere schaal van routeaanpassing – de reistijden op de verschillende routes weer gelijk worden. Een volgend geïnformeerde individu heeft dan eigenlijk weinig meer aan die informatie, althans als hij die op een moment krijgt waarop alleen nog de route kan worden aangepast. Voor thuiswerktechnologieën kan het ook zo zijn dat elke volgende deelnemende werknemer de baten voor de reeds deelnemende werknemers verlaagt, als is het maar als reistijden na de spits gaan toenemen doordat meer en meer mensen wat later op pad gaan.

Om een goed beeld te krijgen van de beide typen baten – intern, dus toevallend aan de gebruiker van ICT zelf, en extern – is het van belang de interacties tussen de markt voor ICT'ën en het verkeerssysteem goed te modelleren. De vraag naar complementaire ICT hangt bijvoorbeeld af van de mate van onzekerheid in het netwerk, en de vraag naar substituut-ICT naar het verwachte gebruikerskostenniveau. Tegelijkertijd beïnvloedt de mate van penetratie van de technologieën het functioneren van het verkeerssysteem. De geïntegreerde modellering is echter ook noodzakelijk om de externe baten en kosten van ICT-gebruik op consistente wijze te kunnen modelleren. Dit is het type model dat we op dit moment aan het ontwikkelen zijn binnen dit project.

Dergelijke evenwichtsmodellen lenen zich daarnaast ook voor het bestuderen van een gerelateerde vraag: als dit soort technologieën voorhanden is, hoe dienen deze dan in de markt te worden gezet? Zou de overheid deze moeten aanbieden? Als het privaat aanbod zou zijn, dient de prijs dan gereguleerd te worden, bijvoorbeeld omdat er externe baten en kosten verbonden zijn aan het gebruik? Is het verstandiger om concurrentie te stimuleren, of zou – wellicht vanwege de schaalvoordelen – een monopolistisch aanbod toch te prefereren zijn? En, stel dat er sprake zou zijn van privaat wegaanbod, is het dan juist aantrekkelijker om het aanbod van informatie in dezelfde handen te leggen (vergelijk de informatievoorziening door de NS) of zou het juist beter zijn om onafhankelijke commerciële aanbieders van informatie op de markt actief te krijgen? Ook deze vragen zullen in dit project bekeken worden, in de context van dezelfde modellen die ontwikkeld worden om de interne en externe baten te identificeren.

6. Beleidsimplicaties

Het beleid verwacht veel van reisinformatie. Diverse organisaties zijn bezig met het aanbieden van verschillende vormen van informatie op verschillende media. Veel van deze informatie is statisch, maar steeds meer projecten worden verricht om dynamische informatie aan te bieden. Daarnaast zijn er plannen en pilots om een stap verder te gaan en moderne ICT te gebruiken om het gedrag van reizigers te beïnvloeden zodanig dat ofwel persoonlijke services wordt verbeterd, ofwel dat een positieve bijdrage wordt geleverd aan bepaalde, meer algemene doelstellingen zoals betere doorstroming, mijden van bepaalde gebieden, vermindering emissies, verbeteren

bereikbaarheid, etc. Wellicht is er een business case voor een intelligenter navigatiesysteem, waarbij niet alleen routes worden gepresenteerd maar ook assistentie gegeven kan worden bij de planning van dagelijkse activiteiten. Doorstroming moet verbeterd kunnen worden indien reizigers, gebaseerd op dynamische informatie, gecoördineerd specifieke aanbevelingen krijgen om een bepaalde route te volgen.

Het succes van dergelijke initiatieven is afhankelijk van een groot aantal zaken. Het is echter duidelijk dat voldoende kennis over het aanpassingsgedrag van reizigers onder verstrekking van informatie van groot belang is in deze context. Daarnaast is het voor een aantal van de genoemde toepassingen noodzakelijk dat men beschikt over voldoende accurate modellen. Onze huidige modellen houden niet of nauwelijks rekening met aanpassingsgedrag. Als gevolg zullen de voorspellingen over de dynamische ontwikkeling en toestand van het verkeer onvoldoende nauwkeurig zijn, waardoor op hun beurt de reisadviezen suboptimaal zouden kunnen zijn. Enkele slechte ervaringen op een rij betekent dat het vertrouwen van de consument in dergelijke systemen snel terugloopt, waardoor hun potentieel positieve effect wellicht negatief kan uitpakken. Waar reisinformatie de onzekerheid zou moeten verkleinen, zal de onzekerheid onder dergelijke omstandigheden eerder toenemen. Praktijkvoorbeelden met dergelijke negatieve ervaringen zijn er volop (worden althans in de wandelgangen genoemd omdat deze cases zelden gedocumenteerd zijn).

De relevantie van dit programma voor de praktijk zal in eerste instantie een reeks van modellen zijn die, wanneer ze verder worden geïmplementeerd, ons bestaande instrumentarium voor beinvloeding van mobiliteitsgedrag kan verbeteren. De nieuwe kennis en modellen over vertrektijd en routekeuze onder onzekerheid kunnen worden gekoppeld aan bestaande routekeuzemodellen en modellen van verkeersstromen, die daarmee accurater worden. De modellen over aanpassing van activiteiten-reispatronen moeten worden gezien als bijdrage tot de ontwikkeling van dynamische activiteitgebaseerde modellen, een thema dat momenteel hoog op de agenda staat om tekortkomingen van bestaande modellen te verkleinen. Bovendien spelen dergelijke modellen een essentiële rol bij activiteitenplanners, als uitbreiding van navigatiesystemen. Samen met de nieuwe maten voor bereikbaarheid biedt dit beleidsmakers een beter instrumentarium om ruimtelijk en mobiliteitsbeleid op een meer integrale wijze vorm te geven.

De ontwikkeling van het instrumentarium betekent dat een integrale kwantitatieve beoordeling mogelijk wordt van de effecten van ICT'en op bereikbaarheid. Het accent ligt daarbij op integraliteit. Hoewel de voorbeelden in dit artikel vaak zijn gezocht op het gebied van de reisinformatie, gaat het ook over prijzen, parkeren en andere factoren die van belang zijn voor activiteiten, bestemming en routekeuze. Het gaat niet alleen om (reis)informatie, of alleen om telewerken/teleshoppen, maar ook hun combinatie en mogelijke synergie-effecten. Juist deze meer integrale focus biedt beleidsmakers handvaten om een integraal ICT-gerelateerd mobiliteitsbeleid vorm te geven, in plaats van zich te focussen op afzonderlijke dimensies (zoals reisinformatie).

Naast het verbeterde instrumentarium zullen de projecten ook nieuwe kennis genereren. Welke factoren zijn van invloed op het gebruik van (reis)informatie? Hoe verschilt dit tussen doelgroepen? Wat zijn de verschillen en overeenkomsten tussen openbaar vervoer en niet openbaar vervoer? Is risicomijdend of risiconemend gedrag een persoonskenmerk of is het sterk afhankelijk van de context of verschilt het zelfs van situatie tot situatie? Wat is de invloed van verschillende vormen van ICT op keuze van vervoerwijze? Is het marktaandeel van openbaar vervoer te vergroten door meer mogelijkheden te bieden voor ICT en/of door betere informatie dynamisch aan te bieden? Vergelijking van prospect theory, regret theory en expected utility theory geeft een betere basis om te kunnen bepalen op welke wijze informatie het beste gepresenteerd kan worden om een maximaal beoogd effect te bewerkstellingen: formuleren van situatie in termen van "gain", "loss" of "regret".

In het kader van de discussie over het garanderen van een goede bereikbaarheid voor de duurzame ontwikkeling van de Randstad of welk stedelijk netwerk dan ook, is het van essentieel belang dat het gebruik van de bestaande capaciteit aan infrastructuur zo effectief mogelijk is. De toepassing van ICT om reizigers behulpzaam te zijn bij het maken van keuzen of om hen in een bepaalde richting te sturen zodanig dat de capaciteit optimaal wordt benut is een integraal onderdeel van dit beleid. ICT kan ook een deel van een oplossing beiden om te vermijden dat teveel mensen op hetzelfde moment gaan reizen: telewerken, tele-shoppen, tele-conferencing, tele-banking, etc.

Inzicht in de samenhang tussen interne en externe baten en kosten van ICT in verkeer, in een geïntegreerde modellering met verkeerssysteem helpt bij het bepalen van de maatschappelijke wenselijkheid van deze technologieën. Het geeft indicaties over het te verwachte relatieve effect van verschillende technologieën. Dit vormt de basis voor de vraag of en zo ja hoe de overheid zich zou moeten bemoeien met de penetratie van deze technologieën. Leidt de vrije markt tot te weinig, voldoende, of teveel gebruik vanuit maatschappelijk oogpunt? Wat zijn hier de verschillen tussen de complementaire en substituut-technologieën? Tenslotte is er de noodzaak tot inzicht in de mogelijke marktorganisatie: privaat, publiek, of een mix? Hoe verhoudt dat zich tot marktvormen in het verkeerssysteem?

Het zal duidelijk zijn dat nieuwe technologische mogelijkheden kunnen bijdragen tot nieuwe oplossingen. Tegelijkertijd is het duidelijk dat dergelijke nieuwe mogelijkheden ook vele praktische vragen van beleidsimplementatie oproepen. Praktijkervaringen in de toepassing van nieuwe technologie en nieuw instrumentarium in beleid zijn dus van essentieel belang in de wisselwerking tussen fundamenteel wetenschappelijk onderzoek en beleidsimplementatie.

Referenties

Arentze, T.A., Hofman, F., en Timmermans, H.J.P. (2004). Predicting multi-faceted activity-travel adjustment strategies in response to possible congestion pricing scenarios using an Internet-based stated adaptation experiment. *Transport Policy*, 11, 31-41.

Ben-Akiva, M., en Lerman, S.R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand.* The MIT Press, Cambridge, Mass.

Chorus, C.G., E.J.E. Molin, B. Van Wee, T.A. Arentze, en H.J.P. Timmermans (2006a). Use and effects of transit info among non-habitual car-drivers: Regret-Based models and simulations. *Journal of Transportation Planning and Technology*, 29, 249-271.

Chorus, C.G., T.A. Arentze, en H.J.P. Timmermans (2008). A Random Regret Minimization model of travel choice. *Transportation Research Part B,* 42, 1-18.

Chorus, C.G., en Timmermans, H.J.P. (2009a). Bereikbaarheidsmaten voor reizigers met beperkte kennis van veranderingen in het transportsysteem. *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, 45(4), 144-149.

Chorus, C.G., en Timmermans, H.J.P. (2009b). Measuring user benefits of changes in the transport system when traveler awareness is limited. *Transportation Research Part A*, 43(5), 536-547.

Geurs, K.T., en van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography,* 12(2), 127-140.

Joh, C.-H., Timmermans, H.J.P., en Arentze, T.A. (2006). Measuring and predicting adaptation behavior in multi-dimensional activity-travel patterns. *Transportmetrica*, 2, 153-173.

Martinez, F., Aguila, F., en Hurtubia, R. (2009). The constrained multinomial logit: A semi-compensatory choice model. *Transportation Research Part B*, 43(3), 365-377.

Sen, S., R. Pillai, S. Joshi, en A.K. Rathi (2001). A mean-variance model for route guidance in

Advanced Traveler Information Systems. *Transportation Science,* 35, 37-49.

Small, K.A., en Rosen, H.S. (1981). Applied welfare economics with discrete choice models. *Econometrica*, 49(1), 105-130.

Sun, Z., T.A. Arentze, en H.J.P. Timmermans (2009). A heterogeneous latent class model of activity rescheduling, route choice and information acquisition decisions under multiple uncertain events. *Proceedings 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C.

Tversky, A., en D. Kahnemann (1992). Advances in Prospect Theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297-323.