

Prognosescenario's: meer inzicht in onzekerheden

[Jan Banninga] – [Nederlandse Spoorwegen] – [jan.banninga@ns.nl]

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november 2021, Utrecht

Samenvatting

Goed voorbereid zijn op de toekomst begint bij een goede inschatting van de toekomstige situatie. Onzekere factoren en de impact ervan dienen zo goed mogelijk in kaart worden gebracht. Bij het opstellen van beleid en besluitvorming kan daar op worden ingespeeld door flexibel te zijn waar kan en maatregelen specifiek af te stemmen op onzekerheden.

Om een inschatting te geven van de toekomstige treinmobiliteit werkt NS met scenario's waarin aannames over de toekomst worden vastgelegd. De scenario's vormen de onderbouwing voor beleid op verschillende terreinen. Door meerdere scenario's uit te werken kan een bandbreedte worden bepaald. De interpretatie van een bandbreedte helpt bij verdere toepassing, hiervoor is inzicht in de kansverdeling van mogelijke uitkomsten van grote meerwaarde.

In dit paper wordt toegelicht welke stappen NS zet om beter om te gaan met onzekerheden bij het opstellen van reizigersprognoses en scenario's. Daarvoor wordt specifiek gekeken naar de impact van de onzekerheid in de input data. NS heeft recent een methode laten ontwikkelen waarbij voor relevante invoervariabelen wordt gekeken naar de achterliggende kansverdelingen. Hierbij zijn ook autocorrelaties en onderlinge correlaties tussen invoervariabelen van belang. Deze informatie wordt gebruikt om een sampling te genereren van combinaties van waarden voor de invoervariabelen. Voor elke gegenereerde combinatie wordt vervolgens een prognose bepaald met een vereenvoudigde versie van het prognose-model. Op basis van de verschillende uitkomsten kan een kansverdeling voor de toekomstige treinmobiliteit worden afgeleid en kan tevens verdere invulling worden gegeven aan de uitkomsten van specifieke scenario's.

In de kampvuursessie wordt ingegaan op een aantal concrete prognosetoepassingen. Doel van de kampvuursessie is samen te kijken hoe kan worden omgegaan met onzekerheid bij de interpretatie van scenario's.

1. Inleiding

Goed voorbereid zijn op de toekomst begint bij een goede inschatting van de toekomstige situatie. De inschatting is nodig voor het opstellen van beleid en besluitvorming. De toekomst is echter omgeven met onzekerheid. De afgelopen periode met de Covid-pandemie en de verstrekkende gevolgen hebben dat duidelijk gemaakt. Zo'n omvangrijke crisis met bijbehorende impact was niet goed van tevoren in te schatten. Het maakt echter wel duidelijk dat extreme gebeurtenissen, die in een stabiele situatie nauwelijks voor mogelijk werden gehouden, kunnen optreden.

De kunst is zo goed mogelijk om te gaan met onzekerheid. Dat begint bij het vooruit kijken en het opstellen van prognoses. Essentieel is dat onzekere factoren en de impact ervan zo goed mogelijk in kaart worden gebracht. Bij het opstellen van beleid en besluitvorming kan daar op worden ingespeeld door flexibel te zijn waar kan en maatregelen specifiek af te stemmen op onzekerheden. Verder geldt dat de middelen vaak beperkt zijn, waardoor we niet voorbereid kunnen zijn op elke situatie. De onzekerheid blijft, maar bij besluiten kunnen risico's beter worden geadresseerd. Het is een terugkerend thema hoe je dat het beste vorm kunt geven. Onder andere in "Handreiking Omgaan met Onzekerheden" (Rijkswaterstaat) en "Adaptief programmeren in het fysiek-ruimtelijk beleid" (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM).

Binnen NS is veel aandacht voor het omgaan met onzekerheid. Het gaat daarbij om meerdere invalshoeken: vanuit financieel oogpunt wordt anders naar onzekerheid gekeken dan vanuit assetstrategie. Dit paper zoomt in op de modelkant bij het opstellen van de reizigersprognoses: hoe nemen we onzekerheid mee bij het opstellen van deze prognoses die de basis vormen voor meerdere planprocessen, beleid en besluitvorming?

Er zijn verschillende soorten onzekerheid bij het opstellen van de reizigersprognoses met behulp van een prognosemodel:

- Onzekerheid in de input data: vaak zijn dit op zichzelf ook prognoses of aannames over de toekomst, bijvoorbeeld over economische of demografische ontwikkelingen;
- Onzekerheid in de nauwkeurigheid van het model: het model wordt ontwikkeld op data en kennis uit de recente historie. Er zijn een beperkt aantal invloedsfactoren meegenomen in het model en het is niet zeker of het model de correcte relatie tussen input en output beschrijft;
- Onzekerheid in hoe de toekomst er werkelijk uitziet: over de toekomst is niets 100% zeker. Gedrag kan veranderen en er zal altijd variantie zijn die niet volledig verklaard wordt door het model.

Om een inschatting te geven van de toekomstige treinmobiliteit werkt NS met scenario's waarin aannames over de toekomst worden vastgelegd. De scenario's vormen de onderbouwing voor beleid op verschillende terreinen. Voor het maken van de juiste keuzes is het echter ook van belang om een inschatting te hebben van de waarschijnlijkheid van een afgegeven prognose. Of liever nog: informatie over de kansverdeling van de toekomstige treinmobiliteit.

2. Prognose en onzekerheid bij NS

NS opereert in een onzekere en dynamische wereld. Naar zowel de nabije als verre toekomst weten we niet precies welke ontwikkelingen er plaats gaan vinden en hoe deze wel of niet door elkaar worden beïnvloedt. Wat is de lange-termijn impact van de Covid-pandemie op het reisgedrag? We werken aan een duurzamere samenleving, wat is de impact op mobiliteit? Wat is de impact van technologische ontwikkeling op het openbaar vervoer? Tal van vragen en onzekerheden naast de 'gebruikelijke' factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van de treinmobiliteit, waaronder economische en demografische ontwikkelingen en de ontwikkeling van de dienstregeling. De toekomstige treinmobiliteit is onzeker, toch is inzicht daarin van groot belang om tijdig te anticiperen. Ontwikkeling en aanschaf van nieuw materieel en aanleg van infrastructuur zijn voorbeelden van processen die over vele jaren lopen.

NS denkt goed na welk beleid en maatregelen nodig zijn om continuïteit te borgen. Omgaan met onzekerheden is daar een onderdeel van, in het jaarlijkse vervoerplan wordt specifiek ingegaan op risico's en onzekerheden. Er worden (beheers)maatregelen beschreven om het effect van risico's voor de reiziger zo klein mogelijk te houden. Een van de benoemde risico's is de onzekerheid over de reizigersgroei ("Vervoerplan NS 2021"). De NS gebruikt al jaren het prognosemodel 'De Kast' voor het opstellen van de reizigersprognoses. Deze prognoses worden binnen NS gebruikt bij uiteenlopende vraagstukken voor zowel de korte (o.a. effect van dienstregelingwijzigingen voor het komende jaar), middellange (o.a. aan- en verkoop materieel) als de lange termijn (o.a. investeringsprogramma's), zie ook "Prognosemodel De Kast" (Banninga, Willigers, CVS 2019).

De Kast gaat uit van scenario's, evenals bijvoorbeeld het LMS (Landelijk Model Systeem) dat is gebruikt voor de IMA-2021 (Integrale Mobiliteitsanalyse) en tal van regionale verkeersmodellen. In een scenario is vastgelegd hoe factoren die van invloed zijn op de toekomstige treinmobiliteit zich zullen ontwikkelen. NS werkt met meerdere scenario's: o.a. een Midden scenario die als meest waarschijnlijk scenario kan worden gezien en een Hoog en Laag scenario die een realistische bandbreedte geven rond het Midden scenario. De scenario's worden dusdanig samengesteld dat ze consistent zijn door variabelen in samenhang te beschouwen. Naast deze scenario's worden aanvullende gevoeligheids-scenario's doorgerekend als verdieping op specifieke onzekerheden.

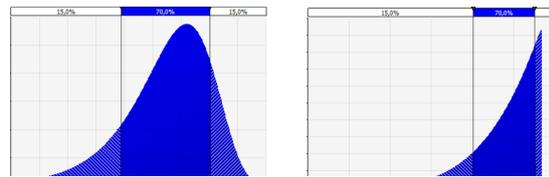
2.1 Interpretatie scenario's

Een scenariobenadering maakt het mogelijk een detailuitwerking te maken voor een specifieke situatie. Achterliggende uitgangspunten zijn bekend en uitkomsten, ook uit vervolprocessen, kunnen worden gerelateerd aan deze uitgangspunten. Door meerdere scenario's uit te werken kan een bandbreedte worden bepaald. De interpretatie van een bandbreedte helpt bij verdere toepassing, zie ook het volgende kader.

Kader: interpretatie bandbreedte scenario's voor asset-strategie.

De asset-strategie is erop gericht om in de toekomst voldoende vervoercapaciteit te bieden, ook in geval van een hoog groeiscenario met forse groei van de reizigersaantallen. Voor komende jaren wordt daarom de benodigde materieelbeschikbaarheid gepland. Niet alleen de ontwikkeling in de aantallen reizigers is van belang. De asset-strategie richt zich ook op aspecten als onttrekking van materieel voor onderhoud, strategische reserves en aanschaf/ uitstroom van materieel. Er moet hierbij rekening worden gehouden met tal van onzekerheden en kostenniveaus.

Er wordt daarom gebruik gemaakt van een stochastisch model waarin de onzekerheden worden meegenomen. Het model maakt het mogelijk een strategie op te stellen die voldoet aan vastgestelde kaders ten aanzien van risico's en waarmee ambitie ten aanzien van vervoercapaciteit wordt waargemaakt. De verdeling van de reizigersprognose wordt bepaald op basis van de scenario's uit het prognose-model. De figuren geven echter twee mogelijke kansverdelingen die bij een gegeven betrouwbaarheidsinterval kunnen horen. Het voorbeeld illustreert dat enkel een bandbreedte onvoldoende informatie geeft.



mogelijke kansverdelingen bij een gegeven bandbreedte

Voor een goede interpretatie van de reizigersprognoses is het nodig om:

- te weten welke percentielen aan een scenario kunnen worden toegekend;*
- een benadering te hebben van de kansverdeling van mogelijke uitkomsten.*

Omdat de reizigersprognoses die worden afgegeven input zijn voor meerdere impactvolle besluiten, zijn aanvullende wensen geformuleerd om beter te kunnen omgaan met onzekerheid in de prognoses:

1. Inzicht in de waarschijnlijkheid van een scenario en de kansverdeling van de toekomstige treinmobiliteit. Bovenstaande kader maakt duidelijk dat inzicht in de kansverdeling van mogelijke uitkomsten nodig is om de geschetste bandbreedte van de scenario's goed te interpreteren;
2. Inzicht welke factoren door de jaren heen vooral bijdragen aan de onzekerheid in de prognoses.

Bovenstaande punten zullen antwoord geven op meerdere vragen. Ze geven inzicht in de ontwikkeling van de onzekerheid in de treinmobiliteit door de jaren heen. Het helpt om beter in te schatten waar de risico's liggen, zodat daar bij het maken van beleid al rekening mee kan worden gehouden en in de toekomst tijdig geanticipeerd kan worden. De aanvullende wensen tonen de behoefte aan stochastische prognoseberekeningen. Bij de prognose-uitwerkingen wordt daarin rekening gehouden met de mogelijke uitkomsten van variabelen die van invloed zijn op de toekomstige treinmobiliteit.

3. Beschrijving methode 'waarschijnlijkheid van prognoses'

Om tot een goed onderbouwde inschatting te komen van de kansverdeling van de toekomstige treinmobiliteit, kan worden gekeken naar de achterliggende kansverdelingen van de relevante invoervariabelen. NS heeft recent een methode laten ontwikkelen waarbij voor relevante invoervariabelen (o.a. economie, demografie en tarief) wordt gekeken naar de kansverdelingen in de mogelijke ontwikkelingen. Hierbij zijn ook autocorrelaties en onderlinge correlaties tussen invoervariabelen van belang. Deze informatie wordt gebruikt om een sampling te genereren van combinaties van waarden voor de invoervariabelen.

De volgende stappen worden doorlopen bij de sampling:

Stap 1: trekking uit een multivariate verdeling

De invoervariabelen, hun verwachtingen, varianties en onderlinge correlaties specificeren een multivariate verdeling. De varianties en correlaties zijn vastgelegd in een correlatiematrix. In de prognoses wordt meerdere jaren vooruitgekeken. De verwachtingen kunnen daarom ook per jaar worden vastgelegd.

Stap 2: omrekenen van trekkingen naar de gewenste kansverdeling

De trekkingen uit de verdeling uit stap 1 worden omgezet naar een trekking uit de gewenste verdeling. De trekking uit de uniforme verdeling is te interpreteren als een percentiel van de gewenste verdeling.

Stap 3: verwerken van auto-correlaties

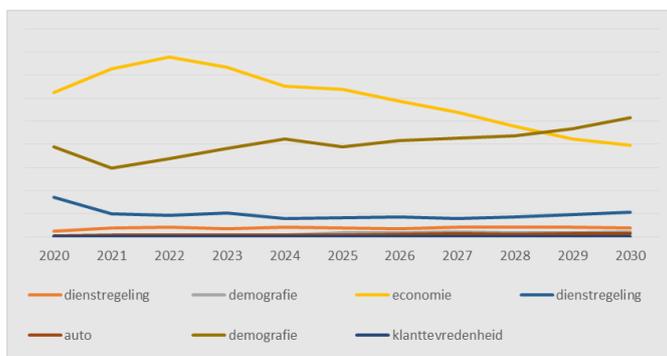
Omdat er sprake is van autocorrelatie moet een trekking voor het ene jaar gecorreleerd zijn met de trekking van het vorige jaar. Bij een positieve autocorrelatie moet een grote waarde in het ene jaar ook een grotere kanswaarde in het volgende jaar betekenen. In deze stap worden de trekkingen uit stap 1 en stap 2 gecorrigeerd voor de autocorrelaties

Voor elke gegenereerde combinatie uit de sampling wordt vervolgens een prognose bepaald met een vereenvoudigde versie van het prognosemodel, dat enkel prognose-uitwerkingen geeft op macroniveau. Het doorrekenen in een complex rekenmodel als De Kast vergt namelijk teveel rekentijd. Op basis van de verschillende uitkomsten kan een kansverdeling voor de toekomstige treinmobiliteit worden afgeleid en kan tevens verdere invulling worden gegeven aan de uitkomsten van specifieke scenario's. De methode maakt de ontwikkeling van de treinmobiliteit per jaar inzichtelijk en jaar-specifiek kan de kansverdeling worden afgeleid, zie figuur 1 ter illustratie.



Figuur 1: uitvoer: kansverdeling treinmobiliteit voor een specifiek jaar

Tweede wens is inzicht in de factoren die bijdragen aan de onzekerheid door de jaren heen. Een machine learning algoritme, de random forest-methode, is toegepast op de sampling set met uitkomsten om de belangrijkste invloedsfactoren voor gebeurtenissen te detecteren. Welke factoren bijdragen aan de onzekerheid in de prognoses tijdens de horizon kan worden weergegeven in een lijndiagram, zie figuur 2 ter illustratie.



Figuur 2: voorbeeld van uitvoer: impact invoervariabelen op onzekerheid

De beschreven methode is recent ontwikkeld en zal de komende periode worden toegepast. De achterliggende kansverdelingen van de relevante invoervariabelen dienen daarvoor te worden bepaald en gecontroleerd. Ook de relaties tussen de invoervariabelen dienen zorgvuldig te worden onderzocht op basis van historische reeksen. Uitkomsten van de methode dienen te worden geanalyseerd. De methode kan ook worden uitgebreid door aanvullende onzekerheden mee te nemen, zoals een structureel gedragseffect als gevolg van de Covid-pandemie, zie ook onderstaande kader.

Tot slot is het van belang te bepalen hoe aanvullende informatie over de onzekerheid en de kansverdeling van de prognoses kan worden meegenomen in vervolgprocessen.

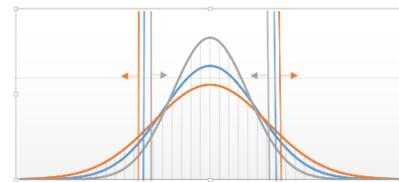
Case: impact lange termijn gedragseffect van Covid-pandemie

Momenteel loopt veel onderzoek naar het lange termijn gedragseffect van de Covid-pandemie. Het precieze structurele effect op het treingebruik kan niet van tevoren worden vastgesteld. Wel is er een grove inschatting met bandbreedte te maken van het effect.

Onderzoeken wijzen op een afname in het reisgedrag in het openbaar vervoer, onder andere door een toename in thuiswerken ("De effecten van COVID-19 op mobiliteit: een analyse van de (wetenschappelijke) literatuur", Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM).

Interessant vraagstuk is wat de consequentie is voor de onzekerheid in de prognoses. In de IMA-2021 is een onzekerheidsverkenning over de mogelijke langetermijnevolgen van de COVID-19-crisis op mobiliteit opgenomen. Voor de treinverplaatsingen is de impact vergelijkbaar in de uitwerkingen voor het Laag en het Hoog scenario (de basispaden in de IMA-2021).

Vraag is in hoeverre gedragseffect beïnvloed wordt door andere variabelen, zoals bijvoorbeeld demografie en economie. De blauwe curve in de figuur veronderstelt een normale verdeling voor de prognoses waarbij eveneens een gedragseffect (op basis van een verwachting en afwijking) is meegenomen. De verticale lijnen geven een P15-P85 bandbreedte weer. De bandbreedte zal afnemen wanneer forsere economische en demografische groei (Hoog scenario) het gedragseffect versterken, weergegeven door de grijze curve. De oranje curve toont het tegenovergestelde met een grotere bandbreedte.



Er is nog onvoldoende bekend over de samenhang tussen het structurele gedragseffect en andere invoervariabelen, het voorbeeld illustreert wel de impact daarvan op de kansverdeling van de prognoses.

4. Tot slot

Dit paper gaat in op de behoefte om bij het toepassen en interpreteren van prognoses meer inzicht te hebben in onzekerheden. Zoals aangegeven hebben we te maken met meerdere soorten van onzekerheid, in eerste instantie is gekeken naar de onzekerheid in de achterliggende input data op basis waarvan de prognoses worden bepaald.

De toegelichte aanpak met een stochastische benadering geeft meer inzicht in de impact van een aantal onzekerheden op de prognoses. Met een vereenvoudigd prognosemodel wordt de kansverdeling afgeleid voor de toekomstige treinmobiliteit. De meerwaarde ligt vooral bij de interpretatie van de scenario's, aangezien de scenario-benadering voor het opstellen van prognoses onmisbaar blijft. Geavanceerde rekenmodellen maken het namelijk mogelijk een complete detailuitwerking te maken voor van tevoren opgestelde scenario's.

Literatuur of Referenties

"Adaptief programmeren in het fysiek-ruimtelijk beleid", Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM, september 2017

"Handreiking Omgaan met Onzekerheden", Rijkswaterstaat | Minister van Infrastructuur en Waterstaat, 2017

"Prognosemodel De Kast: actuele en onderbouwde prognoses voor treinmobiliteit", Jan Banninga en Jasper Willigers, bijdrage aan CVS 2019

"Vervoerplan NS 2021", NS: Utrecht, Nederland, 2021

"Ontwerpdocument", Ortec/ NS, 2021

"Integrale Mobiliteitsanalyse 2021", Minister van Infrastructuur en Waterstaat, 2021