Downloaded from UvA-DARE, the institutional repository of the University of Amsterdam (UvA)
http://dare.uva.nl/document/172166

File ID	172166
Filename	Nederlandse samenvatting (Summary in Dutch)

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):

Type	Dissertation
Title	Dynamic delay management at railways: a Semi-Markovian Decision approach
Author	A. Al-Ibrahim
Faculty	Faculty of Economics and Business
Year	2010
Pages	xii, 233
ISBN	978 90 3610174 5

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:
http://dare.uva.nl/record/338751

Copyright

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (http://dare.uva.nl)

Nederlandse samenvatting

Dynamische vertragingsbeheersing bij treinen

Het Nederlandse spoorwegnet behoort tot de drukste spoorwegnetten ter wereld. De treinen rijden dicht op elkaar. Wanneer er een vertraging optreedt, kan deze zich hierdoor makkelijk over het net verspreiden. De verwachting is dat de vraag naar spoorwegdiensten, zowel in het publieke domein als in de goederentransportsector, nog verder zal groeien. Het uitbreiden van de capaciteit door steeds maar meer spoor te bouwen, helpt slechts tijdelijk waardoor men op zoek is naar nieuwe technieken om de beschikbare capaciteit beter te benutten.

De Nederlandse overheid realiseert zich dat de huidige manier van werken, met een dienstregeling, op den duur dient te veranderen. Het gebruik maken van een dienstregeling beperkt in een aantal gevallen de beschikbare capaciteit. Een goed voorbeeld hiervan zijn de treinaansluitingen, waardoor de treinen op elkaar gaan wachten en 'onnodig' de spoorcapaciteit voor zich claimen. Een ander voorbeeld zijn de voorgeschreven vertrektijden van treinen waardoor de treinen niet eerder mogen vertrekken wanneer dat wel mogelijk is.In 2008 is daarom het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer gelanceerd dat erin moet voorzien dat in de Randstad treinen met een veel hogere frequentie gaan rijden, zodat het spoor meer op het metro-netwerk gaat lijken. Hierdoor hoeven de passagiers geen rekening meer te houden met de vertrektijden van de treinen en hoeven ze zich geen zorgen te maken over hun aansluiting, omdat de gemiddelde wachttijd op de stations laag zal zijn. Het grootste voordeel zou echter zijn dat met de huidige spoorwegcapaciteit een veel grotere vraag vervuld kan worden dan nu het geval is. De keerzijde van zo'n systeem is dat er weinig ruimte overblijft voor het opvangen van vertragingen. Een kleine vertraging zal veel sneller leiden tot conflicten tussen treinen, waardoor dynamische technieken nodig zijn om de vertraging te beheersen.

ProRail, de spoorbeheerder in Nederland, hanteert de zogenoemde TAD-regels om conflicten op het spoor op te lossen. TAD staat voor TreinAfhandelingsDocument en is een document dat voorschriften voor treindienstleiders bevat. Zodoende heeft iedere treindienstleider een overzicht van de voorgeschreven regels die gehanteerd dienen te worden tijdens een conflict. In de praktijk zijn deze regels niet altijd even doeltreffend, waardoor ProRail open staat voor nieuwe aanpakken.

In dit proefschrift wordt onderzocht of met behulp van de gevestigde wiskundige theorie, genaamd Semi-Markov Beslissingsprocessen (SMBP), conflicten op het spoor opgelost kunnen worden. Deze techniek is succesvol toegepast op verschillende gebieden waar dynamiek en stochastiek een centrale rol spelen, maar is nog nooit eerder gebruikt voor de doeleinden beschreven in dit proefschrift. Dit terwijl het spoor van nature een dynamisch proces is en, door diverse externe factoren en vertragingen, veel stochastiek in zich heeft.

Een tweetal vragen staan in dit proefschrift centraal. In eerste instantie wordt onderzocht of het mogelijk is om de situatie op het spoor te vertalen naar de toestandsbeschrijving die past bij de SMBP-theorie. De toestandsbeschrijving is een wiskundige weergave van de werkelijkheid waarbij elementen als positie van treinen, hun snelheid en route beschreven worden. Deze beschrijving bepaalt mede de kwaliteit van de beslisregels. Het model dat hieruit resulteert, dient aan te sluiten op de toekomstige situatie waarbij de dienstregeling vervangen wordt door een op de metro lijkend systeem. De tweede onderzoeksvraag heeft betrekking op de huidige situatie waarbij de dienstregeling centraal staat. De vraag is of het model een waardig alternatief kan bieden voor de TAD-regels om conflicten op het spoor op te lossen. Hiervoor dient het model met beslissingsregels te komen die tot goede prestaties leiden, redelijk eenvoudig zijn en makkelijk interpreteerbaar. Het laatste is noodzakelijk voor de acceptatie van de regels door de treindienstleiders die ze zullen implementeren.

Door de onderlinge afhankelijkheden op het spoor, worden de meeste vertragingen veroorzaakt op kruisingen waar treinen uit verschillende richtingen bij elkaar komen en op stukken spoor waar snellere treinen de langzame inhalen en erachter moeten blijven rijden. In de eerste hoofdstukken wordt uitgelegd hoe kruispunten met behulp van de SMBP-theorie vertaald kunnen worden naar een model dat we het SMD-model hebben genoemd. Allereerst wordt een simpel kruispunt gemodelleerd waar treinen uit twee richtingen bij elkaar komen en vervolgens in dezelfde richting achter elkaar blijven rijden. Daarna wordt het model uitgebreid om meerdere richtingen te ondersteunen en toe te staan dat een deel van de treinen eerder aftakt om in andere richtingen verder te gaan.

Het doorrekenen van het SMD-model levert de zogenoemde SMD-strategie op. Dit is een voorschrift met regels waarmee de conflicten opgelost dienen te worden. De regels bepalen de volgorde waarmee de treinen een conflictpunt mogen passeren. Dit zijn dus vooraf vastgestelde regels (offline regels) die op een later tijdstip, op het moment van het voorkomen van een conflict gebruikt kunnen worden. Om de prestatie van deze regels te testen, wordt gebruik gemaakt van simulatie. Met behulp van simulatie wordt een situatie op een kruising nagebootst. De treinenloop van een aantal jaar wordt in een paar seconden gesimuleerd. Telkens als een conflict tussen de treinen zich voordoet, wordt

de simulatie voor een fractie van een seconde stopgezet en de bijbehorende SMD-regel opgezocht en toegepast. De prestatiemaat die in dit proefschrift gebruikt wordt, is de totale verblijfstijd van de treinen in een gebied. Deze prestatiemaat lijkt voor de hand te liggen in een situatie zonder dienstregeling. Een kortere verblijfstijd duidt op minder vertraging in het gebied, wat tekenend is voor een goede strategie.

Om de prestatie van de SMD-strategie te vergelijken met dat van andere strategieën, worden meerdere simulatiestudies uitgevoerd. In iedere studie worden de conflicten met een bepaalde strategie opgelost. De voor de hand liggende strategieën om SMD mee te vergelijken zijn: FCFS (First Come, First Served), voorrang op basis van treintype, voorrang op basis van vertraging en de zogenoemde Follow strategie waarbij eerst alle treinen uit een bepaalde richting de kruising mogen passeren voordat er 'overgeschakeld' wordt op treinen uit een andere richting.

Uit de simulatiestudie blijkt dat de SMD-regels heel goed presteren en leiden tot betere resultaten dan andere strategieën. Alhoewel enkele andere strategieën het in afzonderlijke situaties ook heel goed blijken te doen, wisselen de prestaties sterk en zijn ze afhankelijk van de situatie rondom de kruising. De SMD-strategie blijkt daarentegen een dynamische strategie te zijn die altijd goed lijkt te presteren. Deze resultaten moedigden aan om het model verder te ontplooien. Zo is het model uitgebreid om ook tweerichtingsverkeer te kunnen faciliteren en werd het model wiskundig gezien compacter gemaakt. Een voordeel van een compact model is dat het sneller door te rekenen is en dat grotere kruisingen gemodelleerd kunnen worden zonder tegen de grenzen van de rekencapaciteit van de huidige computers te lopen.

Vervolgens werd onderzocht hoe het SMD-model, dat bedoeld is om de situatie rondom lokale conflictpunten te optimaliseren, op een grotere schaal zal presteren. Hiertoe zijn kleine netwerken bedacht die elementen bevatten uit het werkelijke spoornet. Nadat bleek dat ook hier het SMD-model goed werkte, werd een werkelijk spoortraject, Utrecht - Gouda, nagebootst. Dit traject staat bekend om de grote hoeveelheid conflicten tussen treinen, waarbij bovendien de TAD-regels niet altijd voldoende presteren. Het gevolg hiervan is dat de treinvertraging aan het eind van het traject groter is dan de aanvankelijke vertraging, hetgeen zich vertaalt in lage punctualiteitcijfers.

Het laatste hoofdstuk beschrijft hoe een complexe situatie zoals deze zich voordoet op het traject Utrecht - Gouda vertaald kan worden naar de beschrijving van het SMD-model. Met behulp van simulatie, waarin nu ook de TAD-regels opgenomen zijn, worden de prestaties van verschillende strategieën met elkaar vergeleken. Voor de uitgevoerde studie werd de dienstregeling van het jaar 2007 gebruikt en werden de toen geregistreerde vertragingen in acht genomen. De SMD-regels bleken in de gesimuleerde omgeving de

prestaties van de TAD-regels te verbeteren en de punctualiteit te verhogen.

We kunnen vaststellen dat dit onderzoek aangetoond heeft dat de theorie van de Semi-Markov Beslissingsprocessen gebruikt kan worden om de conflicten op het spoor op te lossen. In dit proefschrift werd uitgelegd hoe een model, gebaseerd op deze theorie, geconstrueerd en toegepast kan worden. De resultaten laten zien dat het model niet alleen goed presteert in het op de metro lijkend toekomstige systeem, maar ook de vertragingen in de huidige situatie kan verminderen. Een logisch vervolgonderzoek zou zijn om het model verder te generaliseren en het in een simulatiemodel op landelijk niveau uit te testen.