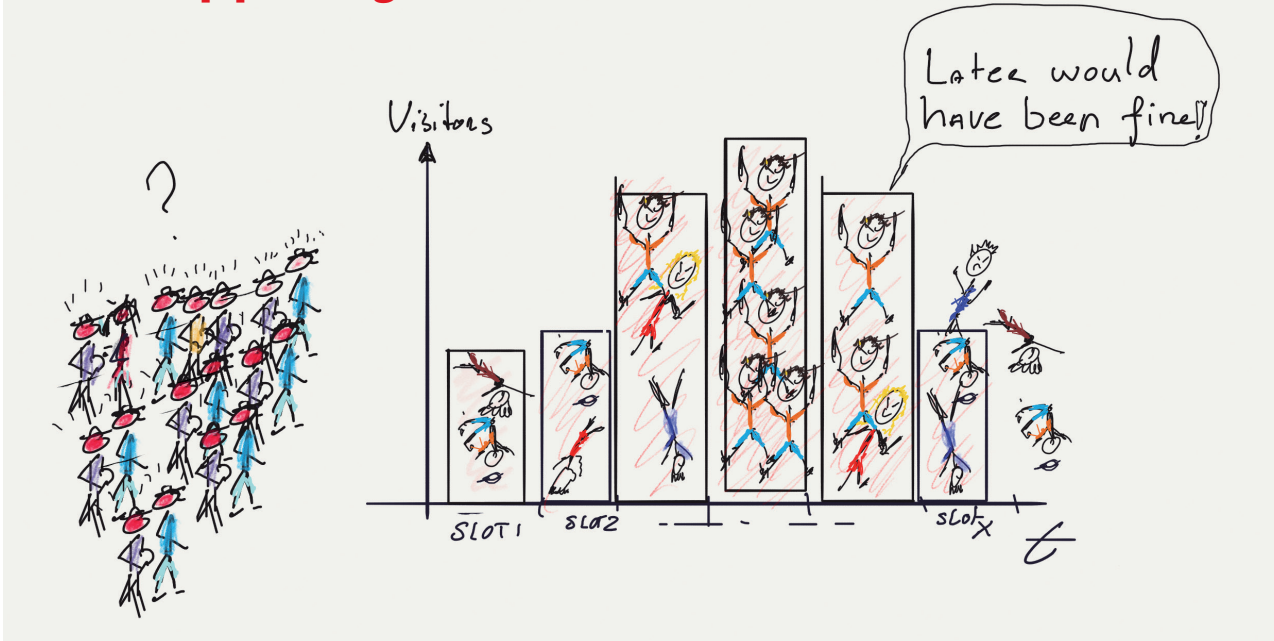


## Tourist trip planning



## BEZOEKERS SPREIDEN MET BEHULP VAN SLIMME ALGORITMES

Op drukke bestemmingen kan het plezier van een dagje uit belemmerd worden door lange wachtrijen en grote drukte. Hierdoor kunnen mensen veel minder doen dan ze oorspronkelijk van plan waren. Het coördineren van bezoekers op basis van hun persoonlijke voorkeuren kan helpen dit effect te verminderen of weg te nemen. In dit artikel schetsen we een methode om deze coördinatie slim te bewerkstelligen zodat op drukke bestemmingen de bezoekerstevredenheid aanzienlijk verbeterd kan worden.

JORIS SLOOTWEG, ROB VAN DER MEI & FRANK OTTENHOF

Een dagje Amsterdam of pretpark kan snel verpest worden doordat je continu in de rij staat of veel activiteiten volgeboekt zijn. Daardoor kunnen mensen veel minder activiteiten ondernemen dan ze oorspronkelijk van plan waren. Buiten een klein groepje vroege boekers, moet bijna iedereen ofwel lang in de rij staan, of 's ochtends vroeg bij het opengaan van de laatste boekingsloten nog proberen een plekje te bemachtigen. Met slimme coördinatie en spreiding kan zowel de gemiddelde bezoekerstevredenheid als het gemak verbeterd worden. Hierbij is het wel noodzakelijk om specifiek rekening te houden met de diversiteit in wensen en eisen van de bezoekers. The

Driving Force ontwikkelt hiervoor het SuperLinda platform waarop bezoekers geholpen worden een dagje uit te plannen. Een ander doel van SuperLinda is om bezoekers goed te spreiden.

Laten we als voorbeeld een dagje Amsterdam nemen. Ruim voor vertrek gaat iemand zich oriënteren. Op dit punt kan het platform al helpen met spreiden door leuke alternatieve activiteiten voor drukke highlights en relatief rustige dagen voor te stellen. Uiteindelijk maakt de bezoeker een keuze, maar zelfs dan is het altijd een hoop werk om een leuk programma voor een dag of weekendje samen te stellen. Daarnaast is het voor sommige activi-

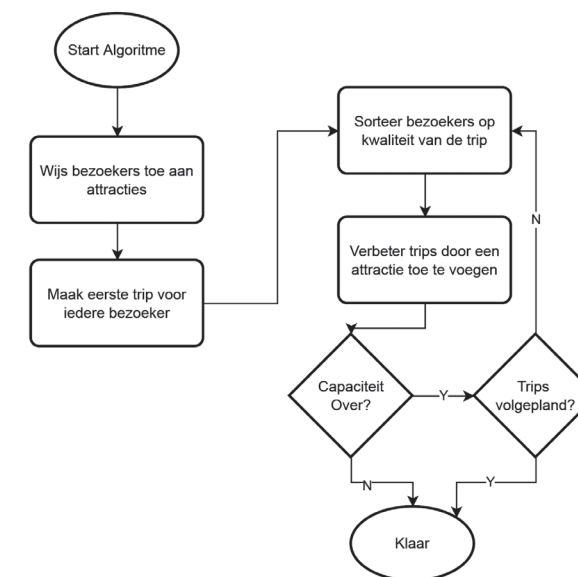
teiten alleen mogelijk ze te boeken als je meteen bij het openen van het slot reserveert. Een algoritme dat dit voor je doet of je ermee helpt op basis van jouw voorkeuren kan dan prettig zijn. Dit probleem wordt onderzocht in veel varianten als het Tourist Trip Design problem.

Deze algoritmes kunnen bezoekers helpen een dagje uit te plannen. Helaas houden ze in het beste geval hoogstens rekening met de verwachte drukte op een locatie. Dit terwijl het op drukke bestemmingen juist noodzaak is om tijdens het maken van routes deze coördinatie en spreiding meteen mee te nemen. Daarnaast zie je dat als men al probeert meerdere routes gecoördineerd te creëren, de algoritmes vaak maar werken voor enkele honderden bezoekers. Dit terwijl juist in de locaties waar coördinatie relevant is er vaak miljoenen bezoekers per jaar zijn. Algoritmes moeten dus in staat zijn om snel oplossingen uit te rekenen voor tienduizenden bezoekers op dagelijkse basis.

### Gecoördineerde reisplannen aanmaken

Wij stellen een algoritme voor dat op basis van opgegeven voorkeuren gecentraliseerd een reisplan maakt. Dus iedere bezoeker geeft van tevoren aan hoe hij de activiteiten waardeert, in het geval van SuperLinda via een gesorteerd wensenlijstje. Deze wensenlijst wordt voor het algoritme aangepast naar een score per activiteit. Daarnaast geeft een bezoeker aan hoe groot de groep is waar ze mee reizen, de gewenste vorm van transport en de gewenste aankomst- en vertrektijd. Op basis van deze informatie rekent het algoritme een schema uit voor alle bezoekers.

Zoals veel problemen met routing is ook dit probleem optimaal op te lossen met Integer Linear Programming (ILP). Je voegt routing constraints toe en tijdsgebonden capaciteit constraints op de activiteiten en optimaliseert de totale som van de beloningen die bezoekers opstrijken door activiteiten te bezoeken. Dit leidt gegarandeerd tot een optimale oplossing, helaas zorgen met name de routing constraints ervoor dat het probleem al snel praktisch onoplosbaar wordt door de benodigde rekentijd. De grootste instantie die wij op deze manier opgelost hebben bestaat uit 80 toeristen met slechts 5 locaties. Dit is natuurlijk een verre van realistische probleemgrootte. Een andere manier om het probleem op te lossen is door iedere bezoeker één voor één een optimale tour te bieden volgens het First Come First Served principe. De rekentijd neemt aanzienlijk af doordat je de routes één voor één uit kan rekenen. Helaas gaat met deze methode de gemiddelde tevredenheid fors achteruit, doordat de vroeg-



Figuur 1. Een stroomdiagram van ons voorgestelde algoritme

komers schaarse capaciteit bezet houden die veel beter aan anderen gegeven had kunnen worden.

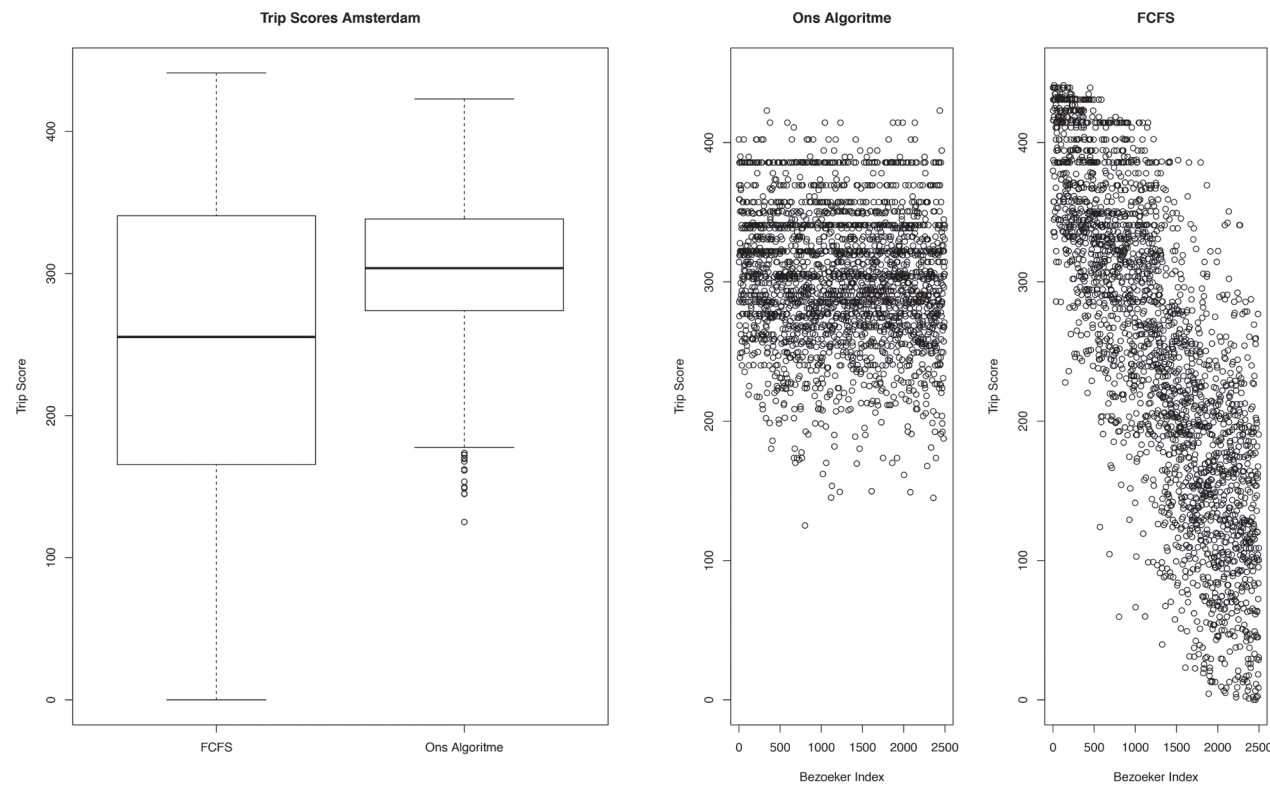
### Naar een schaalbaar algoritme

Vanuit dit inzicht stellen wij een algoritme voor dat snel en schaalbaar is. Het algoritme bestaat uit 5 stappen en in figuur 1 tonen wij het als stroomdiagram.

Stap 1 is bezoekers toewijzen aan activiteiten op basis van de dagelijkse capaciteit. Doordat problemen als slotkeuze en routing hierbij wegvallen, is dit Integer Linear Program prima op te lossen voor realistische probleeminstaties. Doordat er geen rekening gehouden wordt met spreiding op de dag of de reisafstanden kan het gebeuren dat sommige toeristen niet alles kunnen doen wat aan hen toegewezen wordt.

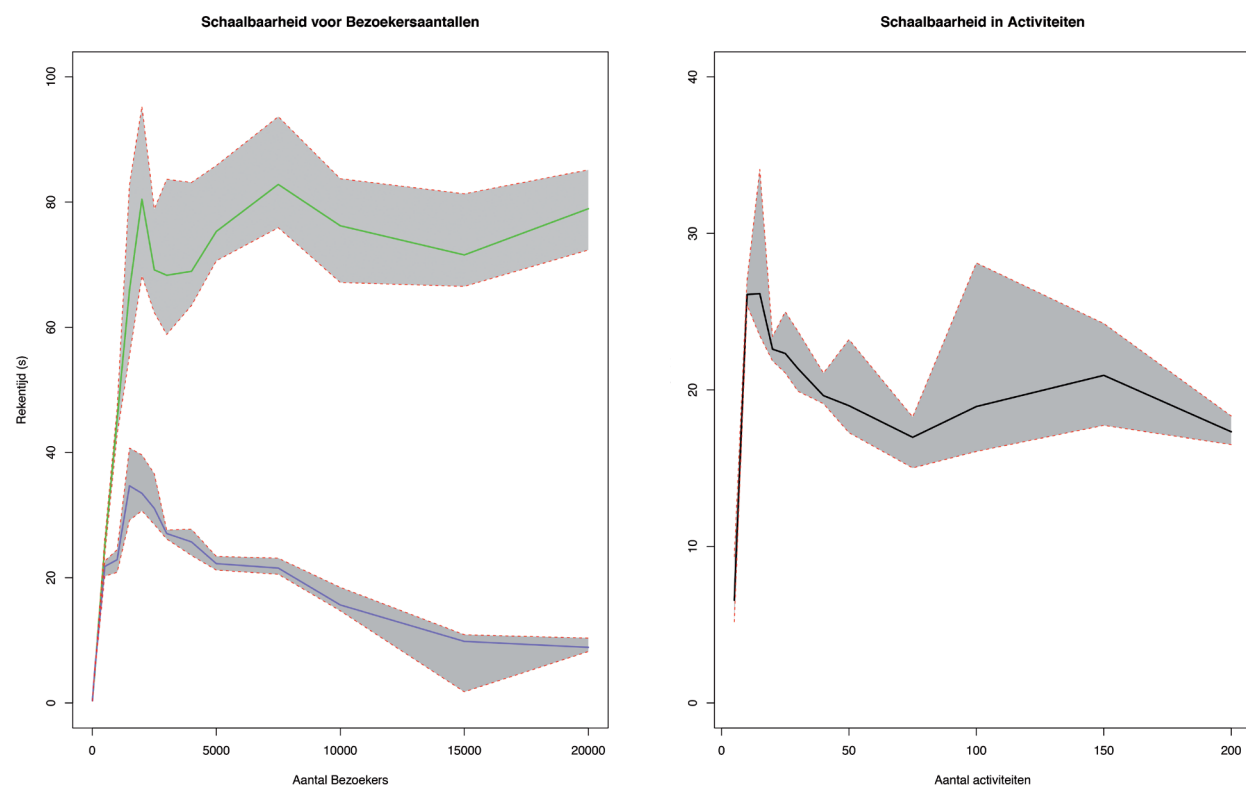
Stap 2 maak voor iedere toerist een route waarbij de beschikbare activiteiten beperkt zijn tot de set van activiteiten die hem of haar is toegewezen. Aangezien deze set van activiteiten beperkt is kan dit routing probleem per bezoeker heel snel opgelost worden. Indien sommige toegewezen activiteiten niet in het programma van de bezoeker passen worden ze op dit moment niet ingepland. De vrijgekomen capaciteit kan in latere stappen van het algoritme door andere bezoekers gebruikt worden.

Stap 3 sorteer de gebruikers oplopend op basis van de trip score. Hierdoor wordt in de volgende verbeterstap prioriteit gegeven aan bezoekers die de minste activiteiten van hun wensenlijst kunnen doen.



Figuur 2. Een boxplot die de verdeling van de tevredenheid uitgedrukt in trip score van bezoekers voor FCFS en ons algoritme weergeeft

Figuur 3. Een plot voor de tevredenheid van iedere bezoeker waarbij de index de volgorde van aankomst aangeeft



Figuur 4. De rekentijd als het aantal beschikbare activiteiten of het aantal gebruikers toeneemt. Opvallend is dat de rekentijd bij extreme bezoekersaantallen zelfs afneemt door de zware versimpeling van het routeringsvraagstuk

Stap 4 probeer de trips van de gebruikers uit te breiden met een extra activiteit die in hun top 3 activiteiten zit. Bepaal voor die gebruiker ook meteen of zijn trip volgeboekt is, zodat indien er realistisch gezien geen activiteiten bijgeboekt kunnen worden deze gebruiker niet meer meegenomen wordt in de vervolgstappen. Stap 5 kijk of er nog gebruikers zijn wier trip uitgebreid kan worden en of er nog capaciteit op de activiteiten is. Indien beide het geval is herhalen we alles vanaf stap 3.

## De resultaten

De gemiddelde tevredenheid gaat aanzienlijk omhoog ten opzichte van FCFS. Daarnaast wordt ook de spreiding van de tevredenheid veel minder omdat het algoritme de capaciteit eerlijk over de bezoekers verdeelt zoals getoond in figuur 2. Dit komt vooral omdat voorkomen wordt dat de eerste gebruikers de rest blokkeren, zoals goed te zien is in figuur 3. Daarnaast blijkt dat op kleine instanties het gat met de optimale oplossing beperkt blijft tot ongeveer 5%. Doordat het voorgestelde algoritme naast goede oplossingen ook snel werkt is het ook in staat om in geval van noodzakelijke aanpassingen gedurende dag, snel een nieuwe oplossing te berekenen. Dit stelt bijvoorbeeld pretparken ook in staat om in geval van incidenten snel te kunnen schakelen en de negatieve impact op de bezoekerstevredenheid van bijvoorbeeld ongepland onderhoud zoveel mogelijk te beperken.

Deze methode leidt tot goede resultaten en is daarnaast goed schaalbaar. Hij profiteert optimaal van de diversiteit in voorkeuren die bezoekers in deze setting hebben. Daarnaast wordt het complexe routing probleem in de stappen van dit algoritme bijna triviaal gemaakt doordat de routes continu extreem kort zijn en daardoor simpel optimaal lokaal op te lossen. Verder blijkt dat toename in het aantal activiteiten of bezoekers slechts beperkt tot een toename van de rekentijd leidt zoals getoond wordt in figuur 4. Dit doordat er in het probleem voor de rekentijd twee natuurlijke limieten zijn: het aantal activiteiten dat een bezoeker kan ondernemen en de capaciteit van de activiteiten. Sterker nog: bij extreme drukte wordt de rekentijd zelfs lager omdat

de schema's door de beperkte capaciteit extreem kort worden.

## Discussie

Het spreiden van bezoekers met behulp van coördinatie op basis van persoonlijke voorkeuren lijkt tot aanzienlijke verbeteringen van bezoekerstevredenheid te kunnen leiden. Praktijkttests zijn nodig om de algoritmes en de waardering van trips goed te evalueren. Daarnaast zijn er nog meerdere interessante varianten te bestuderen, zoals bijvoorbeeld online varianten van ons voorgesteld algoritme waarbij gespreid wordt op basis van verwachte klantenstromen.

JORIS SLOOTWEG werkt sinds 2020 bij the Driving Force en is PhD student bij het CWI/VU. Zijn onderzoek is deel van het COCONUT project dat zich tot doel stelt knelpunten in de infrastructuur op te lossen of te verbeteren door slimme algoritmes op basis van coördinatie en personalisatie. Infrastructuur wordt in dit onderzoek zeer breed opgevat en bevat bijvoorbeeld terreinen als energie, toerisme, luchthavens, wegen en openbaar vervoer.  
E-mail: [slootweg@cw.nl](mailto:slootweg@cw.nl)

ROB VAN DER MEI is als hoogleraar Toegepaste Wiskunde en Manager Research and Strategy verbonden aan het Centrum Wiskunde & Informatica en de Vrije Universiteit Amsterdam. Hij richt zich met name op het modelleren en optimaliseren van logistieke processen in de praktijk, en slaat daarmee een belangrijke brug tussen theorie en toepassing. In 2021 ontving hij voor zijn werk samen met collega Sandjai Bhulai de prestigieuze Huibregtsprijs. De laatste jaren is hij vooral werkzaam op het gebied van ambulance- en brandweerplanning, het reduceren van wachtlijsten in de ouderenzorg, en het optimaliseren van personenmobiliteit en vrachtlogistiek. Hij is tevens projectleider van het COCONUT project.  
E-mail: [mei@cw.nl](mailto:mei@cw.nl)

FRANK OTTENHOF is directeur van the Driving Force. Van origine werd bij the Driving Force verkeersmanagementsoftware ontwikkeld. Recent is dit uitgebreid met software om toerisme en boerderijwinkels te managen. Hij is betrokken bij het COCONUT project vanwege zijn domeinkennis vanuit de infrastructuur. Ook focust hij zich op de implementeerbaarheid van het onderzoek.  
E-mail: [frank.ottenhof@thedrivingforce.nl](mailto:frank.ottenhof@thedrivingforce.nl)