

Optimalisatie van doelgroepenvervoer

Richard J. Boucherie

Hiska Boelema

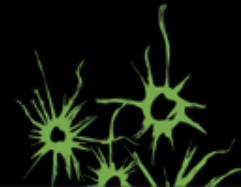
Jeroen de Cloet

Léon van der Kaap

Stefan Klootwijk

Joram Span

Bernard Hoeksma






Doelgroepenvervoer

Achtergrond

Grote diversiteit in

- cliënten
- Mogelijkheden groeperen
- Woonplaats, bestemming
- Vertrektijden
- Soort voertuigen
- Vervoerders

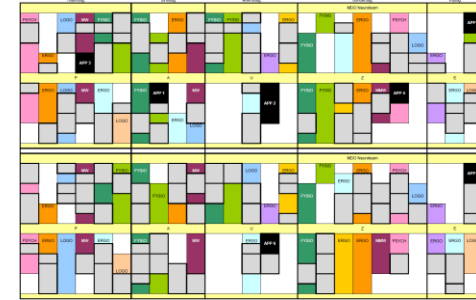


→ Organiseer totale vervoer tegen zo laag mogelijke kosten (maatschappelijk, economisch, ...)

Doelgroepenvervoer

Ritplanning is zeer complex

Bijv. **100** cliënten verdelen over
10 voertuigen kan op
onvoorstelbaar veel manieren:



$$n! \frac{n-1}{i!} = 100! \frac{99}{i!} \gg$$

15664436875969445827954975489901588449750239891844
123225025086693037876108716548305408671244585804
903011165114850592963018373155003144131837952000
00000000000000000000

(bij 1 miljoen oplossingen per seconde, doe je daar 10 à 11 eeuwen over)



Doelgroepenvervoer

Wat moeten we aanpakken om optimaal te plannen?

- Groeperen cliënten
 - type
 - tijd
 - locatie
 - Toewijzing (groepen van) cliënten aan voertuigen
 - Kortste route per voertuig
 - wachttijd
 - aantal kilometers
 - Planning cliënten over de dag
 - wachttijd
 - reistijd
- 
- 

Doelgroepenvervoer

Laten we gewoon gaan plannen

- Na toewijzing cliënten aan voertuigen

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$
- Kortste route per voertuig - aantal kilometers

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 0, \dots, n$$

$$\sum_i x_{ij} = 1 \quad j = 0, \dots, n$$
- http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i \in \mathbb{Z} \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \in [n-1] \quad 1 \leq i < j \leq n$$
- www.youtube.com/watch?v=SC5CX8drAtU

Doelgroepenvervoer

Laten we gewoon gaan plannen

- Na toewijzing cliënten aan voertuigen

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

- Kortste route per wagen - aantal kilometers

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 0, \dots, n$$

$$\sum_{i,j} x_{ij} = 1 \quad j = 0, \dots, n$$

- http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem

$$\sum_{j,i} x_{ij} = 1 \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i \in \mathbb{Z} \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \in n-1 \quad 1 \in i \neq j \in n$$

- www.youtube.com/watch?v=SC5CX8drAtU

Doelgroepenvervoer

Laten we gewoon gaan plannen

- Na toewijzing cliënten aan voertuigen

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

- Kortste route per wagen - aantal kilometers

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 0, \dots, n$$

$$\sum_{i \neq j} x_{ij} = 1 \quad j = 0, \dots, n$$

- http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem

$$\sum_{j \neq i} x_{ij} = 1 \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i \in \mathbb{Z} \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n-1 \quad 1 \leq i \neq j \leq n$$

- www.youtube.com/watch?v=SC5CX8drAtU

Doelgroepenvervoer

Laten we gewoon gaan plannen

- Na toewijzing cliënten aan wagen
- Kortste route per wagen - aantal kilometers

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i, j = 0, \dots, n$$

$$\sum_i x_{ij} = 1 \quad j = 0, \dots, n$$

- http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad i = 0, \dots, n$$

$$u_i \in \mathbb{Z} \quad i = 0, \dots, n$$


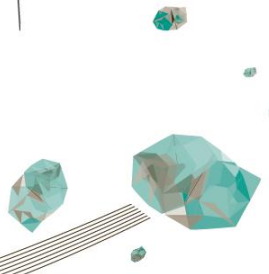
$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n-1 \quad 1 \leq i \neq j \leq n$$

- www.youtube.com/watch?v=SC5CX8drAtU



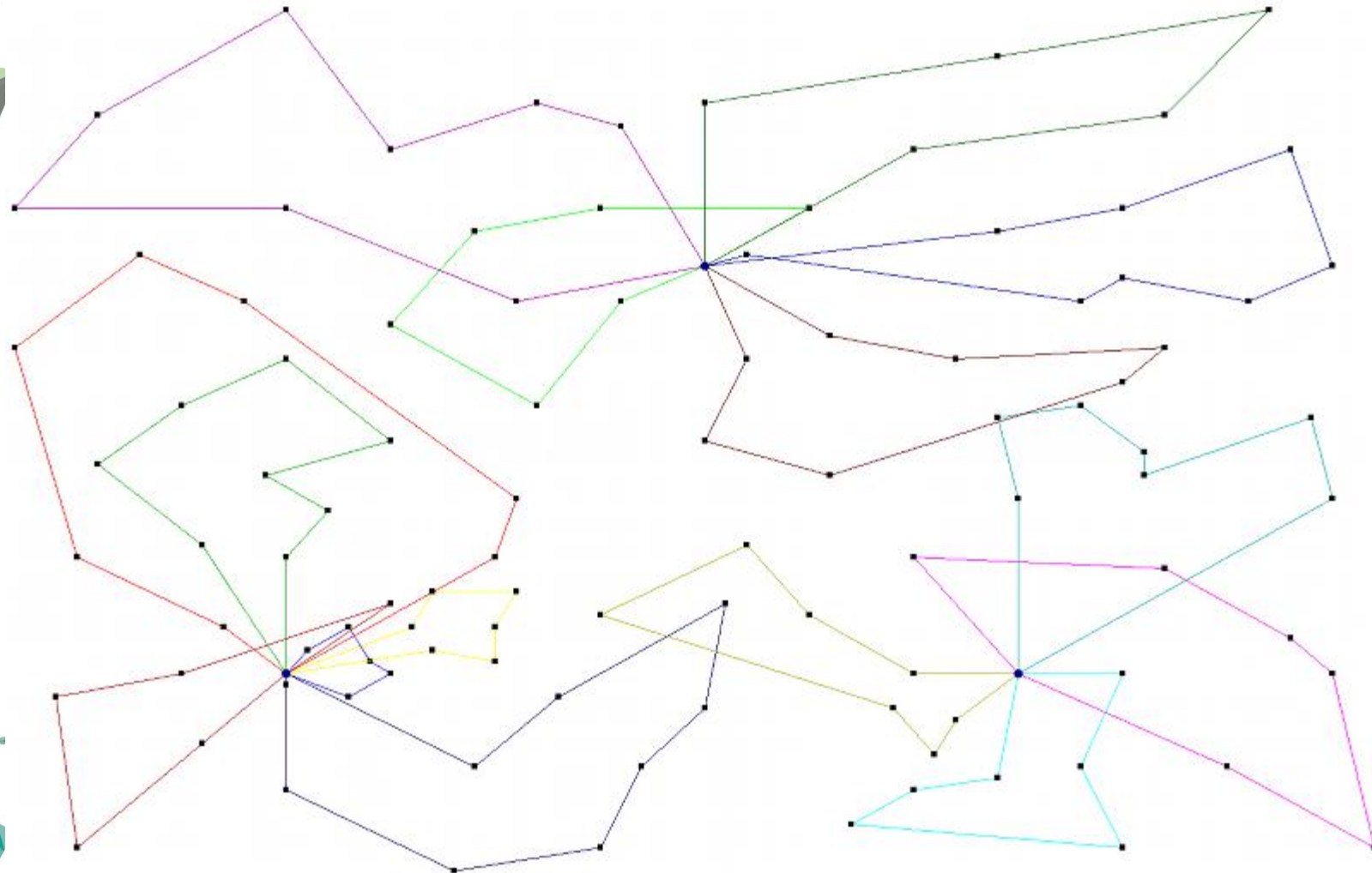
Doelgroepenvervoer

Wat moeten we aanpakken om optimaal te plannen?

- Groeperen cliënten
 - type
 - tijd
 - locatie
 - Toewijzing (groepen van) cliënten aan voertuigen
 - Kortste route per voertuig
 - wachttijd
 - aantal kilometers
 - Planning wagens en cliënten over de dag
 - wachttijd
 - reistijd
- 
- 

Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden



Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden



Veel meer oplossingen dan voor TSP

Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

$$\sum_i x_{ij} = 1$$

$$\sum_j x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i,j} x_{ij} \in |S| - 2$$

$$B_j \leq B_i + d_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$Q_j \leq Q_i + q_j + t_{ij} - W_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$e_i \in B_i \in I_i$$

$$\max\{0, q_i\} \in Q_i \in \min\{Q, Q + q_i\}$$

- Groeperen cliënten
- Toewijzing cliënten aan voertuigen
- Kortste route per voertuig
- Planning cliënten over de dag

Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i,j} x_{ij} \in |S| - 2$$

- Eerst ophalen dan aankomen

$$B_j \geq B_i + d_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$Q_j \geq Q_i + q_j + t_{ij} - W_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$e_i \in B_i \in I_i$$

$$\max\{0, q_i\} \in Q_i \in \min\{Q, Q + q_i\}$$

Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i,j} x_{ij} \in |S| - 2$$

$B_j \geq B_i + d_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij})$ ■ Tijdstippen van de stops

$Q_j \geq Q_i + q_j + t_{ij} - W_{ij}(1 - x_{ij})$ ■ aantal passagiers

$$e_i \in B_i \in I_i$$

in voertuig

$$\max\{0, q_i\} \in Q_i \in \min\{Q, Q + q_i\}$$

Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i,j} x_{ij} \in |S| - 2$$

$$B_j \leq B_i + d_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$Q_j \leq Q_i + q_j + t_{ij} - W_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$e_i \in B_i \in I_i$$

■ tijdsvensters

$$\max\{0, q_i\} \in Q_i \in \min\{Q, Q + q_i\}$$

Doelgroepenvervoer

En nu met alle voorwaarden

$$\min \sum_{i,j} \hat{a}_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

$$\sum_{i \in I} \hat{a}_{ij} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j \in J} \hat{a}_{ij} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i,j} \hat{a}_{ij} x_{ij} \in |S| - 2$$

$$B_j \leq B_i + d_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$Q_j \leq Q_i + q_j + t_{ij} - W_{ij}(1 - x_{ij})$$

$$e_i \in B_i \in I_i$$

$$\max\{0, q_i\} \in Q_i \in \min\{Q, Q + q_i\}$$

- Beperking aantal cliënten in voertuig

Doelgroepenvervoer

resultaten...

Middelgrote stad

- 396 personen (792 ritten)
- 294 locaties
- Realistische kosten voertuigen, personeel

Scenario	Aantal ritten	Aantal voertuigen	Reisafstand (km/voertuig)	Totale afstand (km)	Reistijd (min/rit)	Kosten (€)
ALG	792	105	75.9	7968.9	31.3	8766
MA	396	53	72.1	3819.2	29.4	4378
DI	392	61	73.9	4505.1	30.2	4784
WO	376	54	70.9	3831.0	31.2	4417
DO	396	59	74.3	4383.0	29.6	4758
VR	364	54	71.4	3854.5	30.2	4286
ZA	20	3	72.7	218.0	32.5	225
ZO	12	2	70.0	140.0	39.7	140
TOT	1956	286 ^(*)	72.6	20750.8	30.2	22989

Scenario	Aantal ritten	Aantal voertuigen	Reisafstand (km/voertuig)	Totale afstand (km)	Reistijd (min/rit)	Kosten (€)
ALG	792	84	87.3	7333.2	31.6	7940
MA	396	44	89.7	3946.8	28.7	4042
DI	392	44	88.1	3876.4	30.4	4135
WO	376	44	82.8	3643.2	31.3	3937
DO	396	47	86.8	4079.6	31.0	4338
VR	364	43	79.8	3431.4	30.5	3762
ZA	20	3	73.3	219.9	28.9	229
ZO	12	2	70.0	140.0	39.7	140
TOT	1956	227 ^(*)	85.2	19337.3	30.7	20584

Doelgroepenvervoer

resultaten...

Middelgrote stad

- 396 personen, 294 locaties, Realistische kosten voertuigen

Scenario	Aantal ritten	Besparing in aantal voertuigen (%)	Besparing in aantal kilometers (%)	Besparing in kosten (%)
ALG	792	20.00	7.98	9.42
MA	396	16.98	-3.34	7.68
DI	392	27.87	13.96	13.56
WO	376	18.52	4.90	10.87
DO	396	20.34	6.92	8.82
VR	364	20.37	10.98	12.23
ZA	20	0.00	-0.87	-1.83
ZO	12	0.00	0.00	0.00
TOT	1956	20.63	6.81	10.46

Tabel 9: Een overzicht van de verschillende besparingen die voortvloeien uit het combineren van doelgroepen.



Doelgroepenvervoer

En dan ook nog...

- Wijzigen planning
 - Toevoegen ritten op de dag
 - Robuust tegen verstoring

 - Oplossing moet snel kunnen schakelen, verstoring opvangen,
 - Noodzaak om heel snel te kunnen rekenen...
 - En dat kan!!

 - Ervaringen
- 