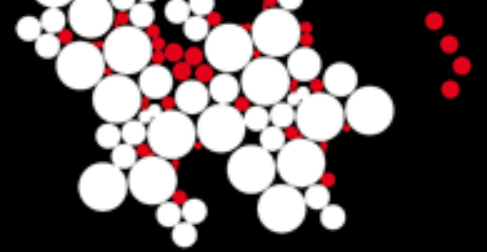


UNIVERSITY OF TWENTE.

Online multi appointment scheduling A detached MDP approach

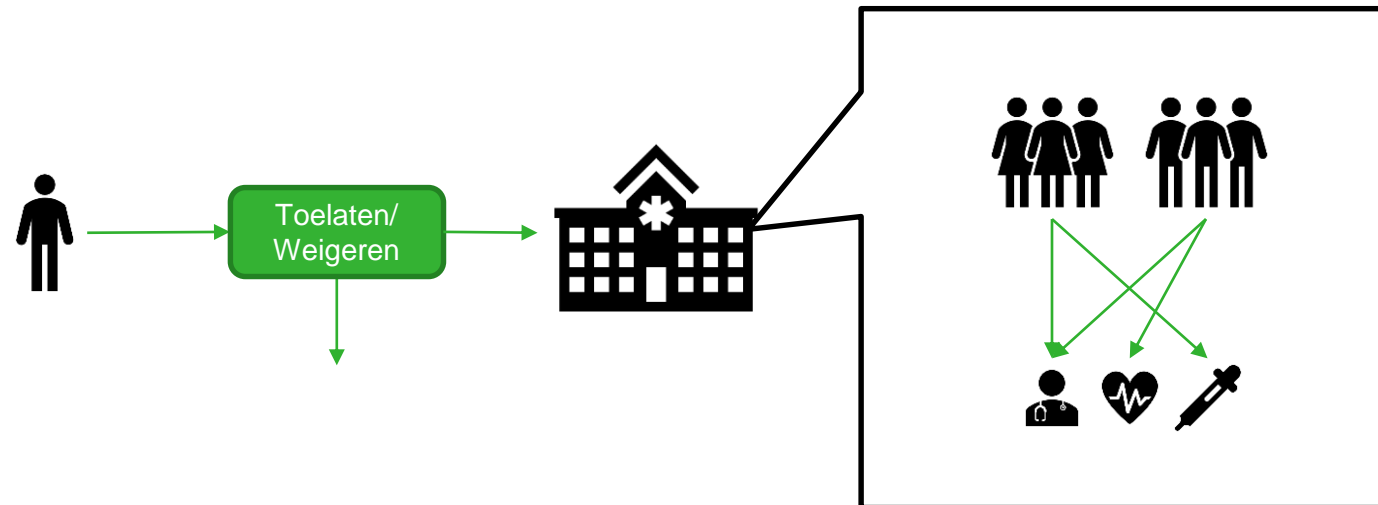
Maarten Otten, i.s.m. Thomas Schneider, Richard Boucherie

CHOIR



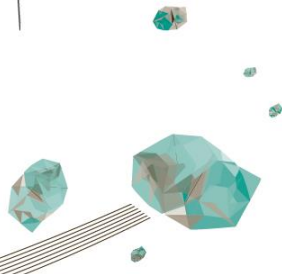
Online multi appointment scheduling

- Arriverende patiënten worden Toegelaten of geweigerd
- Patiënten moeten (een deel van) alle testen ondergaan
- Grootste uitdaging: grootte van het probleem



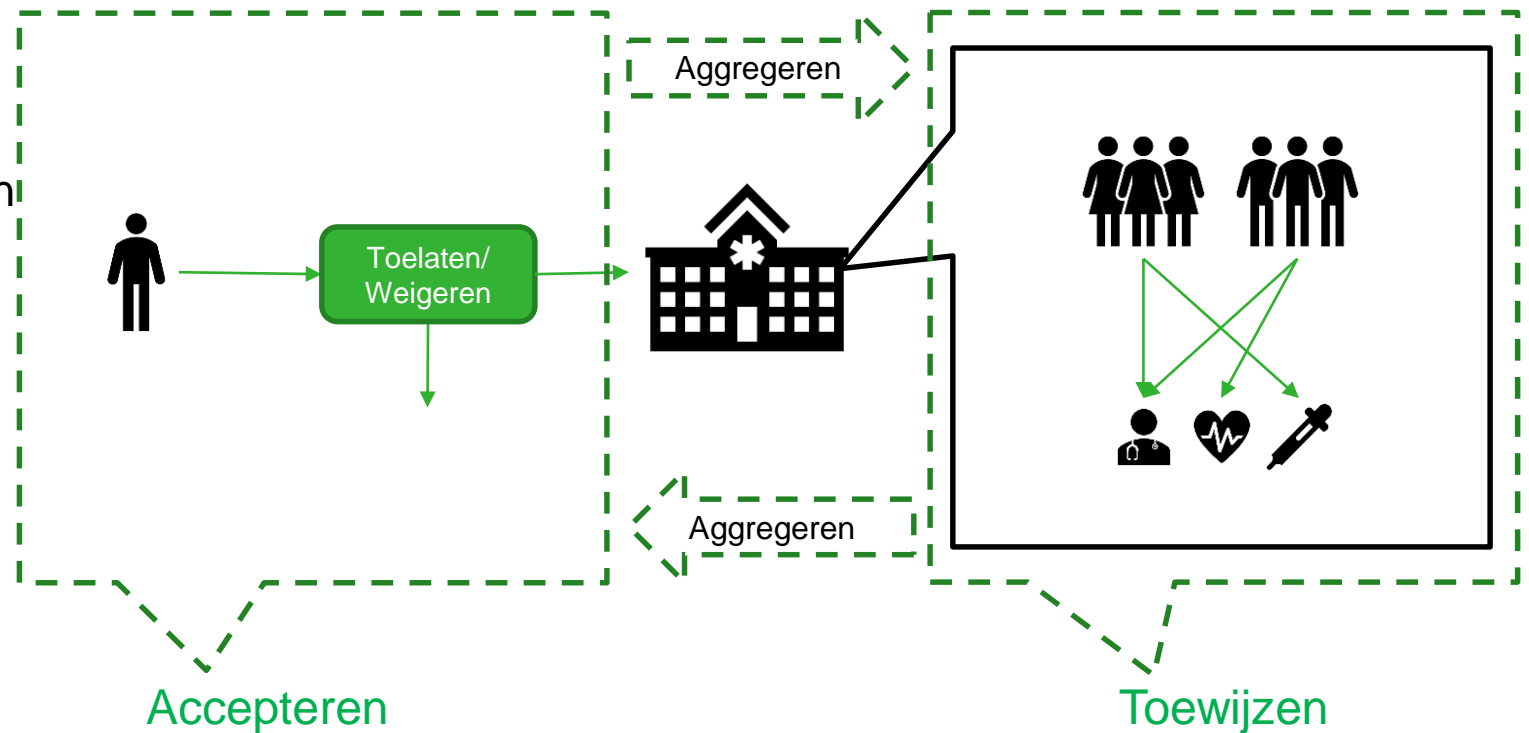


Standaard aanpak

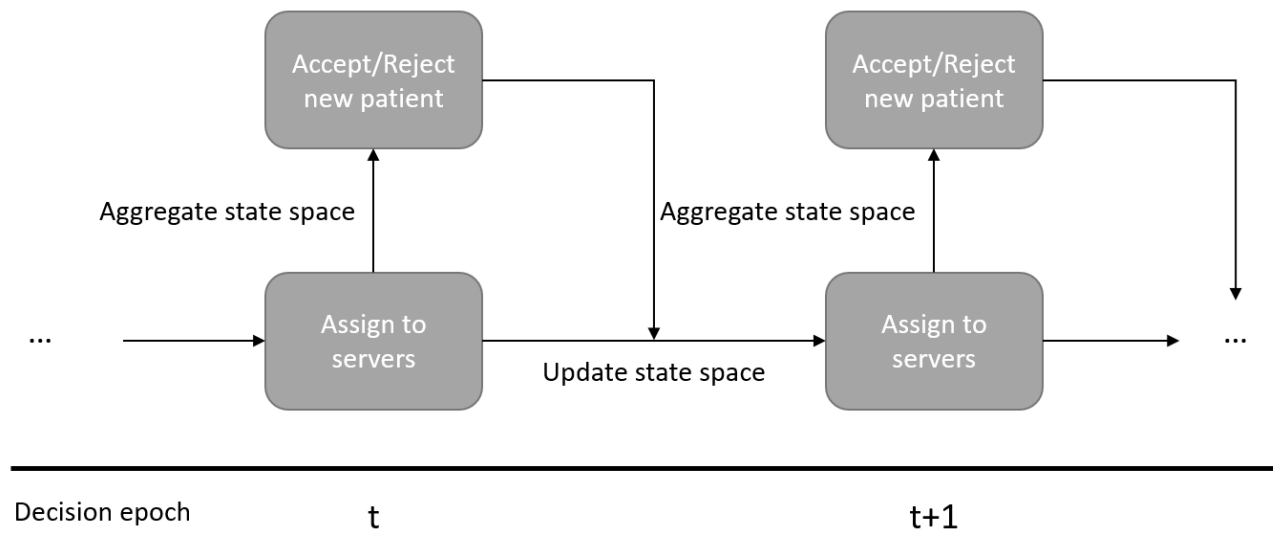
- 
- Standaard modelleer aanpak: Markov beslissingsprobleem
 - Beslissingen nemen met inachtneming van een onzekere toekomst
 - Om de toestand van de polikliniek te beschrijven moeten we bijhouden:
 - Het aantal aanwezige patiënten per patiënttype
 - Welk type patiënt momenteel bij ieder van de testen is
 - Met 6 typen en maximaal 5 patiënten per type resulteert dit in meer dan 10^{50} toestanden
- 
- 

Ontkoppelen en aggregeren

- Aanpak voor een goede benadering:
- Beslissingen bestaan uit twee componenten:
 - Toelaten/afwijzen
 - Toewijzen
- Ontkoppelen en aggregeren

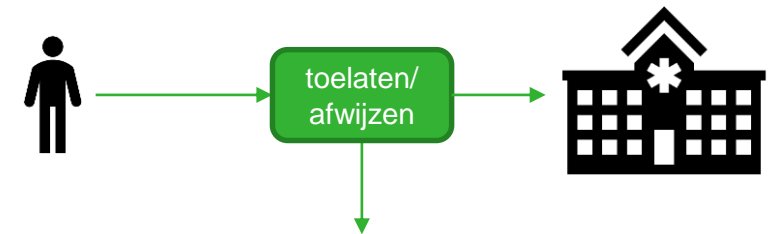


Ontkoppelen en aggregeren



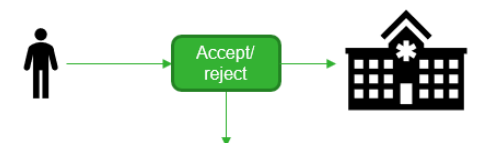
Acceptatie model

- Accepteren of weigeren van arriverende patiënten
- Markov beslissingsproces
- Geaggregeerde toestandsruimte



Toelatingsmodel

- Toestand: benodigde testen voor
 - Arriverende patiënt
 - Patiënten al in het systeem
 - Acties: toelaten of weigeren (indien voldoende capaciteit)
 - Transities:
 - Patiënt is toegelaten
 - Patiënten ronden testen af (~ geo verdeeld)
 - Nieuwe patiënt arriveert (Poisson proces)
 - Kosten:
 - Afwijzen patiënt
 - Niet afronden van alle testen
-
- $S = \{(y_1, \dots, y_M, z_1, \dots, z_M) \mid 0 \leq y_j \leq C_j, z_j \in \{0,1\}, j = 0, \dots, M\}$
 - z_1, \dots, z_M
 - y_1, \dots, y_M
 - $A(s) = \{Accept, Reject\}$ if $\max_i (y_j + z_j) \leq C_j$
 - w.p. q_j
 - w.p. p_j
 - k_r
 - k_e



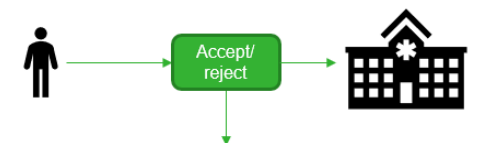
Toelatingsmodel

- Optimaliteitsvergelijkingen:

$$V_t^*(s) = \begin{cases} \max \left\{ \sum_{j=1}^M k_r l_j z_j + \sum_{i=1}^N \lambda p_{t,i} V_{t+1}^*(\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_M, \bar{z}^i), \right. \\ \left. \sum_{i=1}^N \lambda p_{t,i} V_{t+1}^*(\hat{y}_1 + z_1, \dots, \hat{y}_M + z_M, \bar{z}^i) \right\} & \text{if } \max_j (y_j + z_j) \leq C_j, \\ \sum_{j=1}^M k_r l_j z_j + \sum_{i=1}^N \lambda p_{t,i} V_{t+1}^*(\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_M, \bar{z}^i), & \\ \text{otherwise, } t = 1 \dots, T - 1, & \end{cases}$$

$$V_T^*(s) = r_T(s), \quad \forall s \in S,$$

- Met verdisconteringsfactor λ om het effect van het toewijsmodel mee te nemen



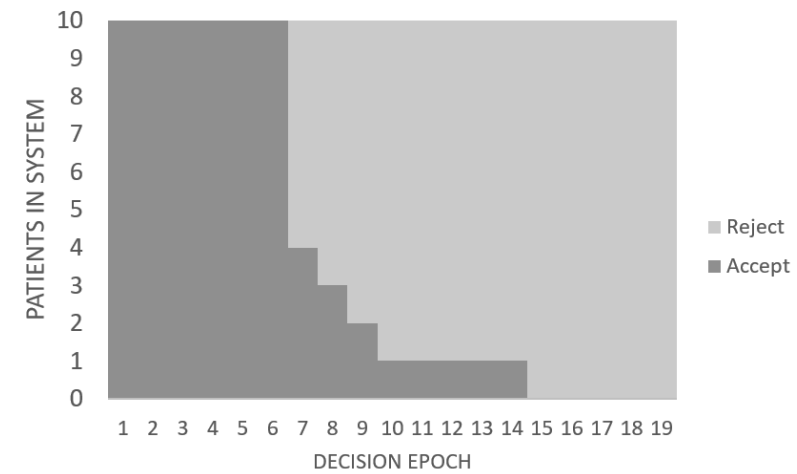
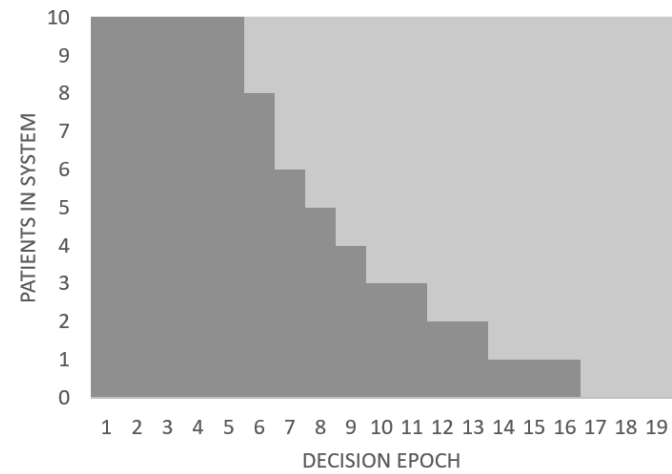
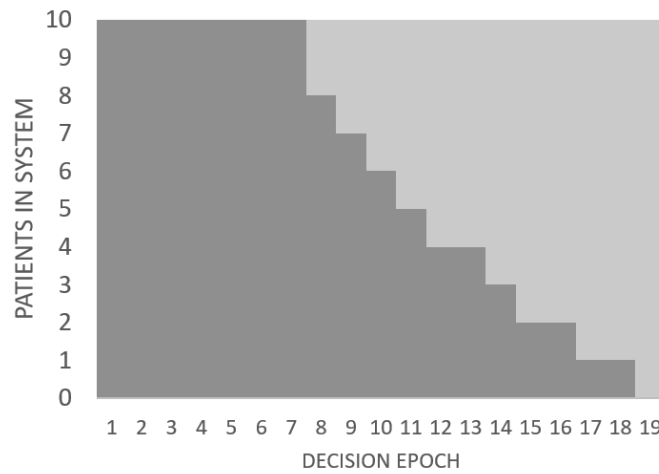
Voorbeeld

- Klein voorbeeld:
 - 4 types patiënten
 - 3 verschillende testen
- Maximaal 10 patiënten per type
- Horizon van 20 tijdstappen

Test	Duur
A	2
B	3
C	8

Patiënt type	Test nodig
I	A
II	B
III	C
IV	D

Voorbeeld

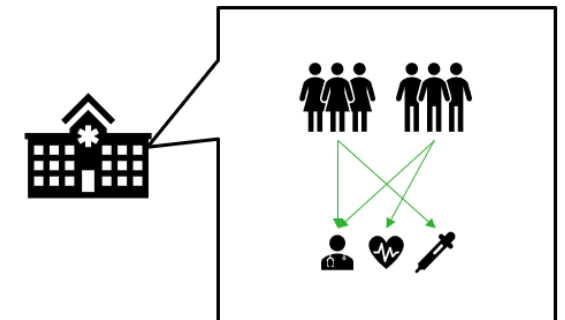


Optimale beslissing

Toewijsmodel

- Toekomstige patiënten worden niet meegenomen -> rooster problem
- Doel: maximaliseer aantal geholpen patiënten en minimaliseer het aantal niet volledig geholpen patiënten
- Maximaliseer bezetting van testen
- ILP:
 - x_i # patiënten van type i
 - u_{ij} 1 als patiënt van type i wordt toegewezen aan test j , anders 0
 - α_i obrengst parameter die stijgt in het testen dat een type i patient nodig heeft
 - β_{ij} 1 als een type i patiënt test j nodig heeft, anders 0

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \alpha_i u_{ij}, \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^M u_{ij} \leq \beta_{ij} x_i, \quad 1 \leq i \leq N, \\ & u_{ij} \in \{0, 1\}, \end{aligned}$$





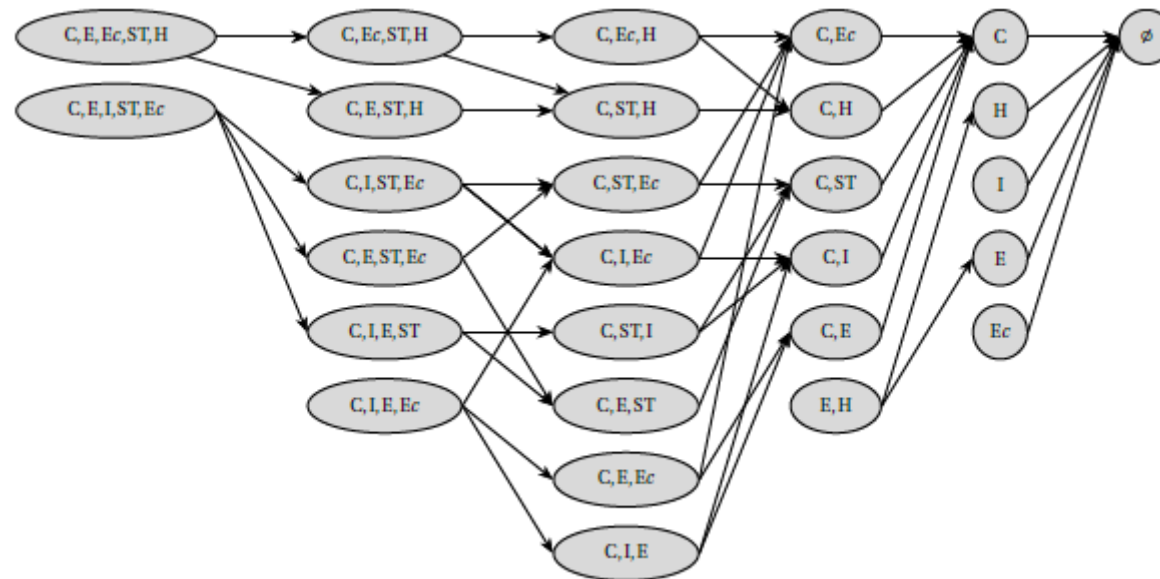
Cardiologie polikliniek LUMC

- Patiënten bezoeken de polikliniek voor een cardiologie consult en verschillende hartfunctietesten

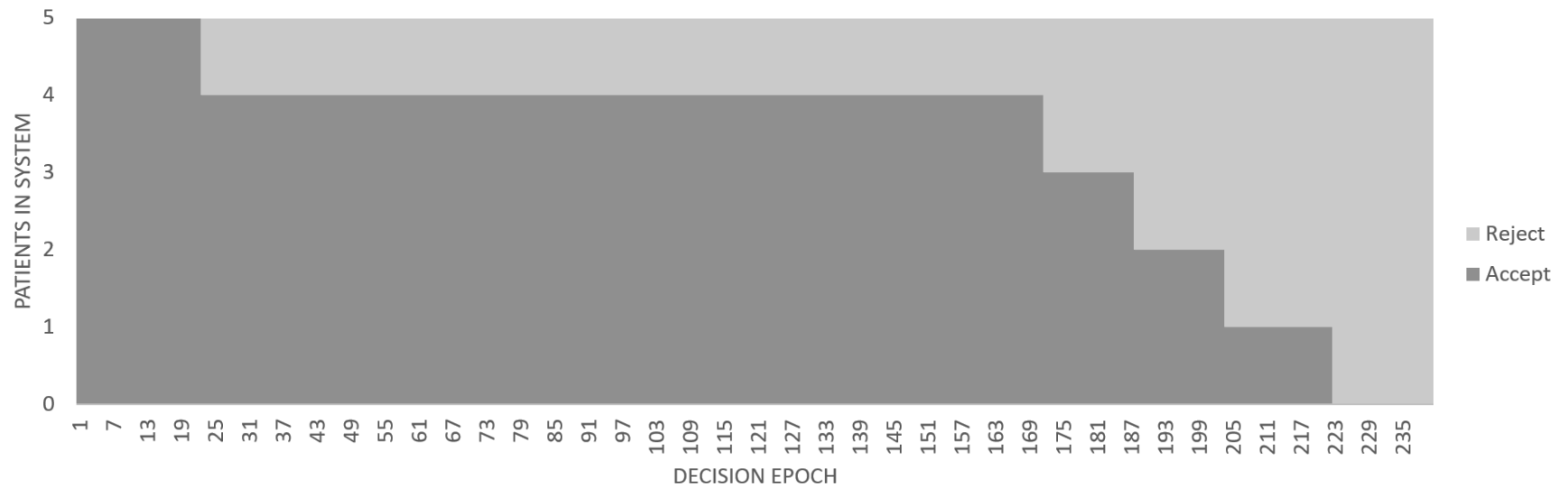
Appointment cluster	Expected Duration (min.)
Consultation (C)	15
Echocardiogram (E)	35
Electrocardiogram(Ec)	5
Cardiac stress test (ST)	30
Holter check (H)	15
ICD check (I)	30

Cardiologie polikliniek LUMC

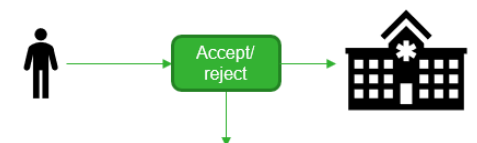
- Patiënten bezoeken de polikliniek voor een cardiologie consult en verschillende hartfunctietesten



Toelatingsmodel



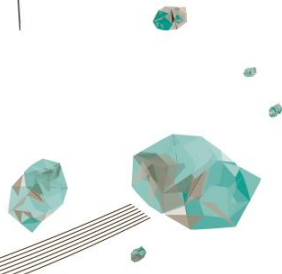


Optimale beslissing voor het toelaten van een patient die een holtertest nodig heeft

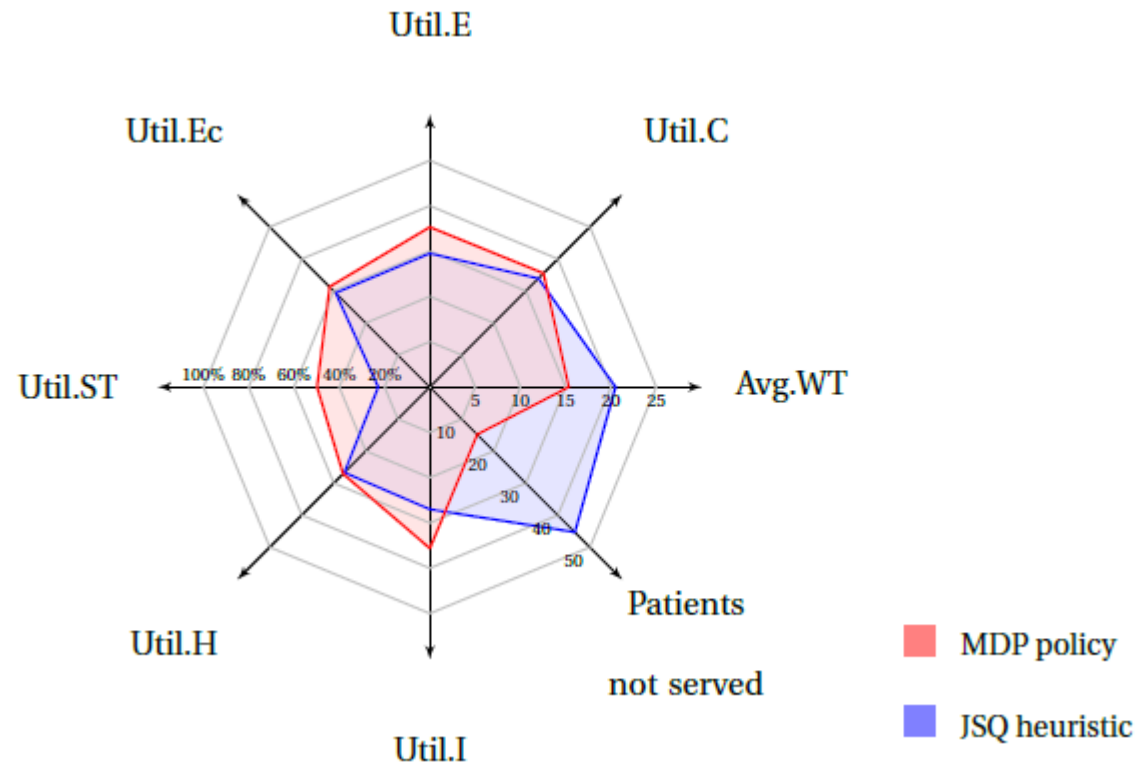




Simulatie

- 
- Om de prestatie van de beslissingen van het model te testen
 - Discrete event simulation van een 4-urige polikliniek sessie
 - Vergelijking met *join shortest queue* heuristiek
 - KPIs van belang:
 - Aantal patiënten die niet (volledig) geholpen zijn (geweigerd of onvolledig)
 - Gemiddelde totale wachttijd van een patiënt
 - Bezettingsgraag van de verschillende testen en consult
- 
- 


Resultaten



Simulatie resultaten voor verschillende KPI's van de polikliniek

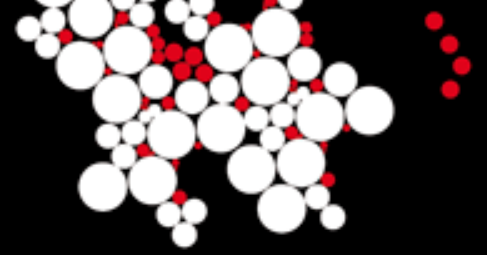


Conclusie

- 
- Exacte aanpak voor online multi appointment scheduling problemen zijn vaak niet uit te rekenen door dimensionaliteitsproblemen
 - Ontkoppelen en aggregeren geeft een goede benadering van de optimale beslissing
 - Alternatief voor andere benaderingsmethoden

UNIVERSITY OF TWENTE.

Vragen?



CHOIR

