



Rooster voor transplantatie chirurgen: automatisch gemaakt en eerlijk verdeeld

Nicky Schuermans

Begeleiders:

Dr. A. Braaksma (UT)

Prof. R.J. Boucherie (UT)

Drs. N.E. Papadopoulos (LUMC)

Orgaan transplantaties


- Academische ziekenhuizen
- Ieder academisch ziekenhuis: niertransplantaties
- LUMC: nier, pancreas, lever
- Orgaanuitnamendienst





Context

- **Achtergrond**
 - Planning complex en tijdrovend

 - **Doel onderzoek**
 - Wiskundig model dat automatisch kwartaalroosters maakt
 - Aantal operaties per jaar gelijk verdelen over chirurgen
- 

Automatisch kwartaalroosters maken

- Beslissingen

$$x_{s,t,d} = \begin{cases} 1 & \text{als chirurg } s \text{ start met taak } t \text{ op dag } d \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

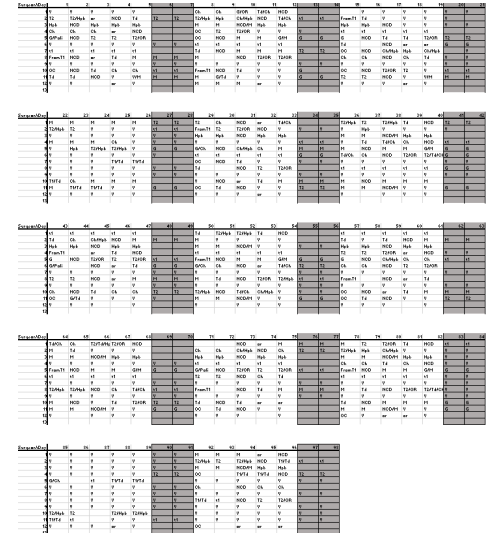
Diagram showing a grid of decision variables $x_{s,t,d}$ for multiple surgeons (s) and tasks (t) over time (d). The grid is organized into several sections, each representing a different surgeon's schedule. Each cell in the grid contains a small table with columns for days (Dinsdag, Woensdag, Donnerdag, Vrijdag, Zaterdag, Zondag) and rows for tasks (e.g., CH, CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH6, CH7, CH8, CH9, CH10, CH11, CH12, CH13, CH14, CH15, CH16, CH17, CH18, CH19, CH20, CH21, CH22, CH23, CH24, CH25, CH26, CH27, CH28, CH29, CH30, CH31, CH32, CH33, CH34, CH35, CH36, CH37, CH38, CH39, CH40, CH41, CH42, CH43, CH44, CH45, CH46, CH47, CH48, CH49, CH50, CH51, CH52, CH53, CH54, CH55, CH56, CH57, CH58, CH59, CH60, CH61, CH62, CH63, CH64, CH65, CH66, CH67, CH68, CH69, CH70, CH71, CH72, CH73, CH74, CH75, CH76, CH77, CH78, CH79, CH80, CH81, CH82, CH83, CH84, CH85, CH86, CH87, CH88, CH89, CH90, CH91, CH92, CH93, CH94, CH95, CH96, CH97, CH98, CH99, CH100). The grid is organized into several sections, each representing a different surgeon's schedule. Each cell in the grid contains a small table with columns for days (Dinsdag, Woensdag, Donnerdag, Vrijdag, Zaterdag, Zondag) and rows for tasks (e.g., CH, CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH6, CH7, CH8, CH9, CH10, CH11, CH12, CH13, CH14, CH15, CH16, CH17, CH18, CH19, CH20, CH21, CH22, CH23, CH24, CH25, CH26, CH27, CH28, CH29, CH30, CH31, CH32, CH33, CH34, CH35, CH36, CH37, CH38, CH39, CH40, CH41, CH42, CH43, CH44, CH45, CH46, CH47, CH48, CH49, CH50, CH51, CH52, CH53, CH54, CH55, CH56, CH57, CH58, CH59, CH60, CH61, CH62, CH63, CH64, CH65, CH66, CH67, CH68, CH69, CH70, CH71, CH72, CH73, CH74, CH75, CH76, CH77, CH78, CH79, CH80, CH81, CH82, CH83, CH84, CH85, CH86, CH87, CH88, CH89, CH90, CH91, CH92, CH93, CH94, CH95, CH96, CH97, CH98, CH99, CH100).

Automatisch kwartaalroosters maken

- Beslissingen

$$x_{s,t,d} = \begin{cases} 1 & \text{als chirurg } s \text{ start met taak } t \text{ op dag } d \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

- Deze beslissingen moeten voldoen aan bepaalde voorwaarden



Integer linear programming (ILP) model

- Voorwaarde: MOD gecertificeerd

$$MOD_s = \begin{cases} 1 & \text{als chirurg } s \text{ MOD gecertificeerd is} \\ 0 & \text{anders} \end{cases}$$

$$\sum_s MOD_s \cdot x_{s,M,d} \geq 1 - dm_d \quad \forall d \text{ st } d \bmod 7 \in \{7 \cdot MW + 5, 7 \cdot (1 - MW) + 1, 7 \cdot (1 - MW) + 3\}$$

Integer linear programming (ILP) model

- Voorwaarde: MOD gecertificeerd

$$\sum_s \text{MOD}_s \cdot x_{s,M,d} \geq 1 - dm_d \quad \forall d \text{ st } d \bmod 7 \in \{7 \cdot MW + 5, 7 \cdot (1 - MW) + 1, 7 \cdot (1 - MW) + 3\}$$

Indicatie of chirurg gepland en MOD gecertificeerd is

Integer linear programming (ILP) model

- Voorwaarde: MOD gecertificeerd

Aantal geplande en gecertificeerde chirurgen

$$\sum_s MOD_s \cdot x_{s,M,d} \geq 1 - dm_d \quad \forall d \text{ st } d \bmod 7 \in \{7 \cdot MW + 5, 7 \cdot (1 - MW) + 1, 7 \cdot (1 - MW) + 3\}$$

Indicatie of chirurg gepland en MOD gecertificeerd is

Integer linear programming (ILP) model

- Voorwaarde: MOD gecertificeerd

Aantal geplande en gecertificeerde chirurgen

Minimaal 1 geplande gecertificeerde chirurg

$$\sum_s MOD_s \cdot x_{s,M,d} \geq 1 + dm_d \quad \forall d \text{ st } d \bmod 7 \in \{7 \cdot MW + 5, 7 \cdot (1 - MW) + 1, 7 \cdot (1 - MW) + 3\}$$

Indicatie of chirurg gepland en MOD gecertificeerd is

Integer linear programming (ILP) model

- Voorwaarde: MOD gecertificeerd

Aantal geplande en gecertificeerde chirurgen

Minimaal 1 geplande gecertificeerde chirurg

$$\sum_s MOD_s \cdot x_{s,M,d} \geq 1 - dm_d \quad \forall d \text{ st } d \bmod 7 \in \{7 \cdot MW + 5, 7 \cdot (1 - MW) + 1, 7 \cdot (1 - MW) + 3\}$$

Indicatie of chirurg gepland en MOD gecertificeerd is

Eventueel tekort

Integer linear programming (ILP) model

- Voorwaarde: MOD gecertificeerd

Aantal geplande en gecertificeerde chirurgen

$$\sum_s MOD_s \cdot x_{s,M,d} \geq 1 - dm_d$$

Indicatie of chirurg gepland en MOD gecertificeerd is

Minimaal 1 geplande gecertificeerde chirurg

Alleen op de dagen dat de MOD dienst ingepland moet worden

$$\forall d \text{ st } d \bmod 7 \in \{7 \cdot MW + 5, 7 \cdot (1 - MW) + 1, 7 \cdot (1 - MW) + 3\}$$

Eventueel tekort

Integer linear programming (ILP) model

- Beslissingen nemen
- Deze beslissingen moeten voldoen aan bepaalde voorwaarden
- Zo goed mogelijk voldoen aan doelstelling
 - Minimaliseren tekorten
 - Gelijk verdelen diensten
 - Etc.



Gelijk verdelen operaties over chirurgen

- Nu weten we hoe de kwartaalroosters automatisch gemaakt kunnen worden
- Volgende stap: gelijk verdelen operaties over chirurgen

Context

- Planningen per kwartaal
- Uitdaging: aantal operaties gedurende kwartaal vooraf niet bekend

Chirurg 1

--	--	--	--

Chirurg 2

--	--	--	--

kwartaal 1 kwartaal 2 kwartaal 3 kwartaal 4

Context

- Planningen per kwartaal
- Uitdaging: aantal operaties gedurende kwartaal vooraf niet bekend

Chirurg 1

10			
----	--	--	--

Chirurg 2

1			
---	--	--	--

kwartaal 1 kwartaal 2 kwartaal 3 kwartaal 4

Context

- Planningen per kwartaal
- Uitdaging: aantal operaties gedurende kwartaal vooraf niet bekend

Chirurg 1

10	6		
----	---	--	--

Chirurg 2

1	5		
---	---	--	--

kwartaal 1 kwartaal 2 kwartaal 3 kwartaal 4

Context

- Planningen per kwartaal
- Uitdaging: aantal operaties gedurende kwartaal vooraf niet bekend

Chirurg 1

10	6	1	
----	---	---	--

Chirurg 2

1	5	10	
---	---	----	--

kwartaal 1 kwartaal 2 kwartaal 3 kwartaal 4

Context

- Planningen per kwartaal
- Uitdaging: aantal operaties gedurende kwartaal vooraf niet bekend

Chirurg 1

10	6	1	10
----	---	---	----

27 😊

Chirurg 2

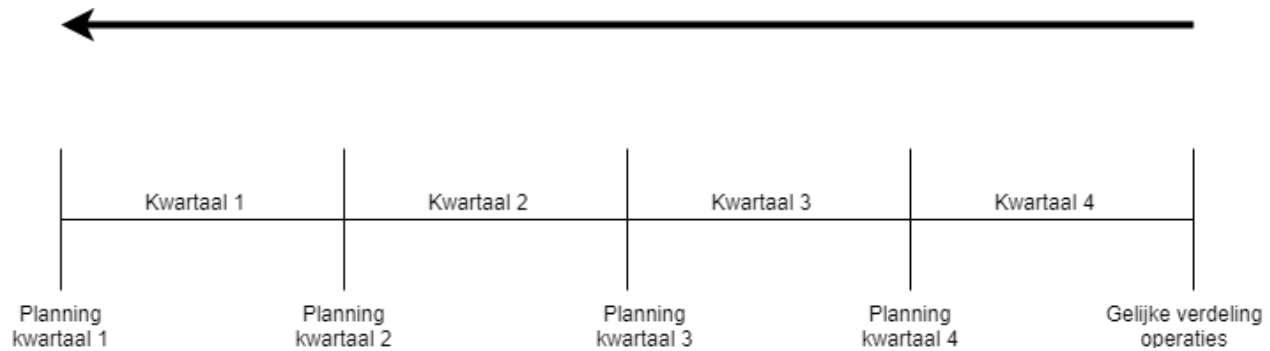
1	5	10	1
---	---	----	---

17 😞

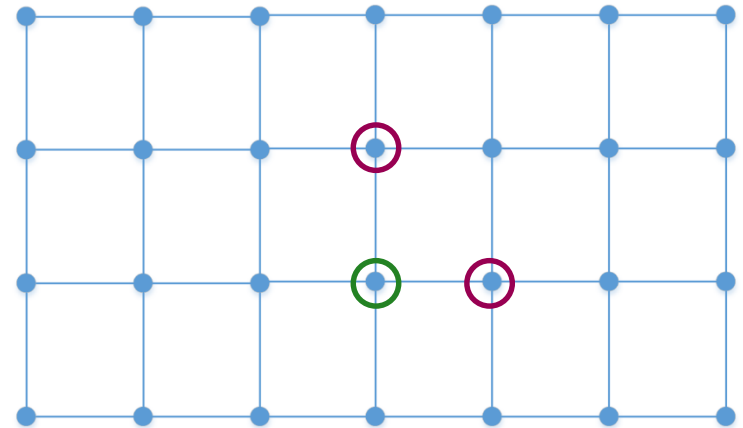
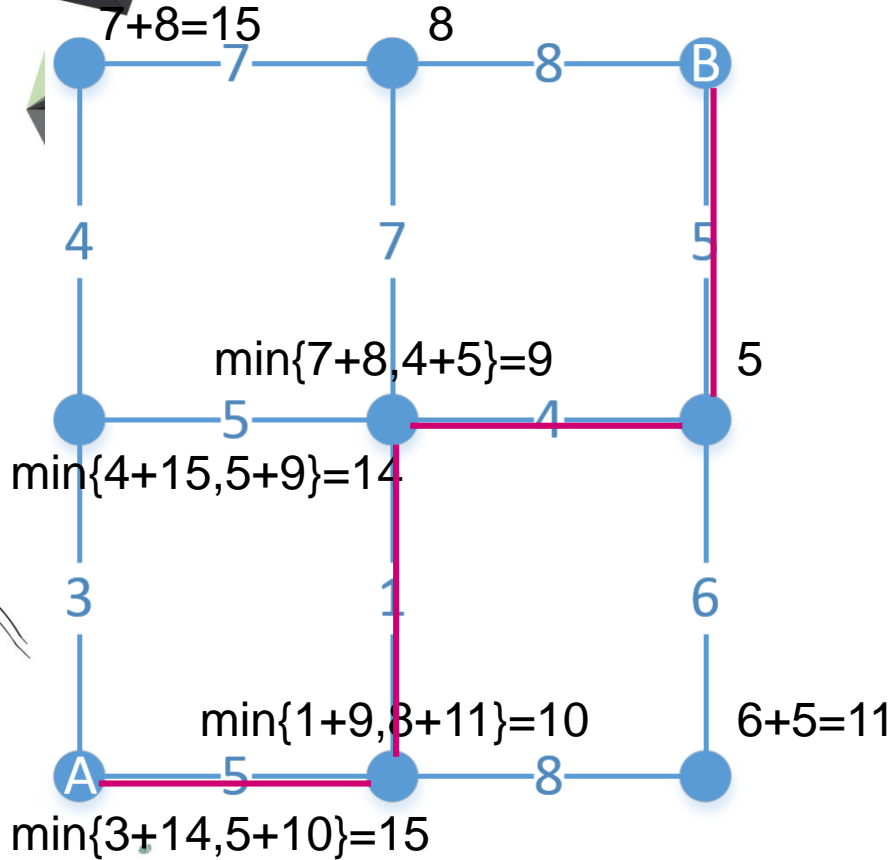
kwartaal 1 kwartaal 2 kwartaal 3 kwartaal 4

Oplossen model

- Aan het einde van het jaar kunnen de kosten berekend worden
- Achterwaarts oplossen



Dynamisch programmeren

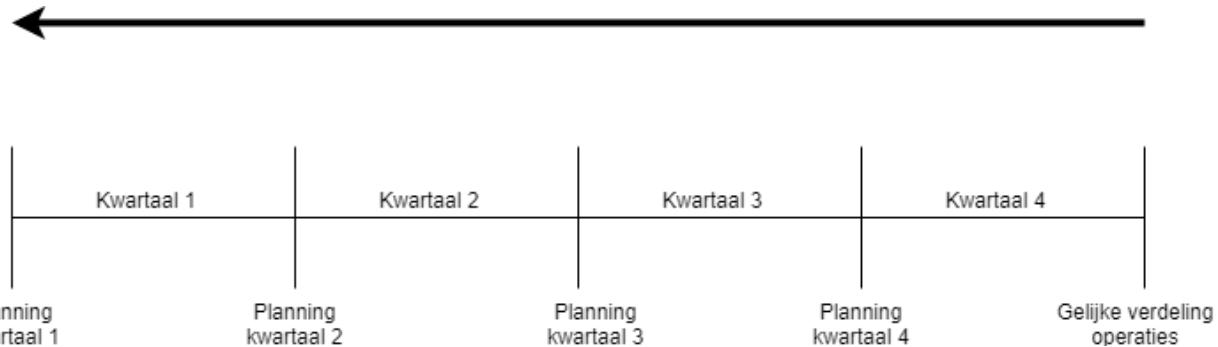


Onder onzekerheid:
 Stochastische dynamische programmeren

Model

- Aantal uitgevoerde operaties per chirurg bijhouden

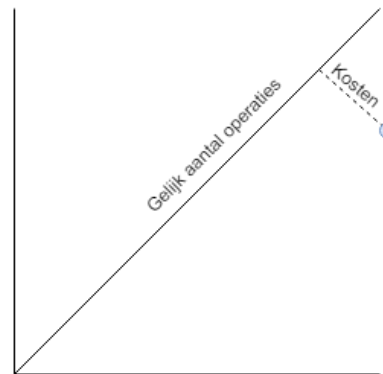
$$\sigma_n = (\sigma_{1,n}, \dots, \sigma_{J,n})$$



Model

- Minimaliseren kosten

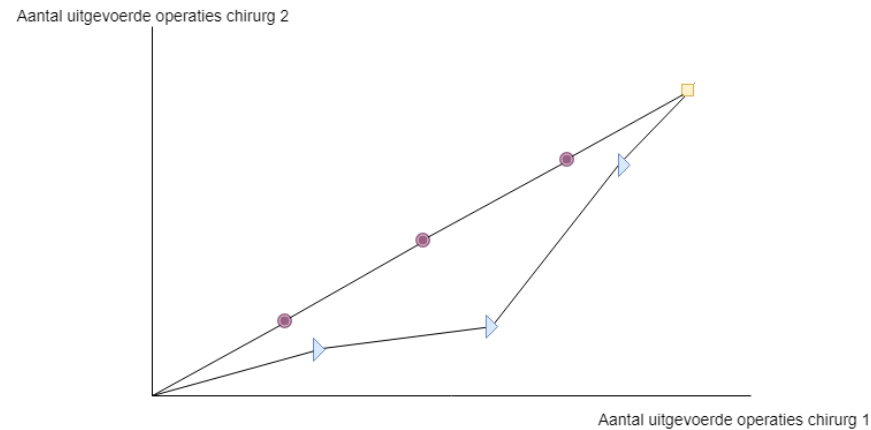
Aantal operaties chirurg 2



Aantal operaties chirurg 1

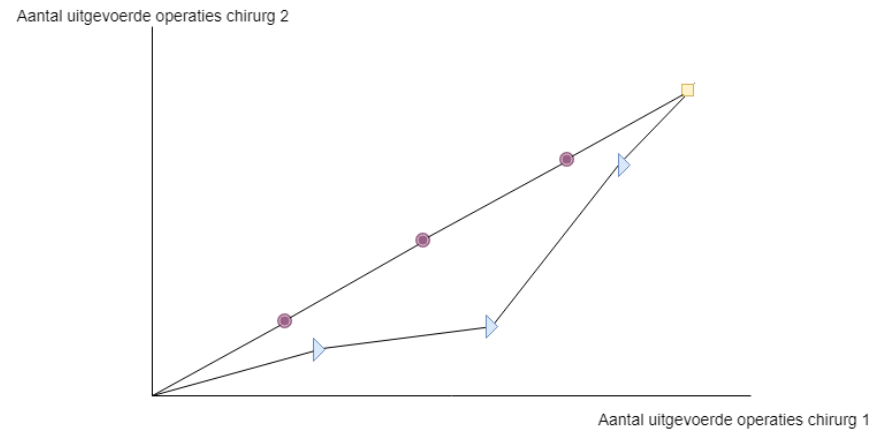
Model

- De onderlinge verschillen gedurende het jaar maken niet uit



Inzichten

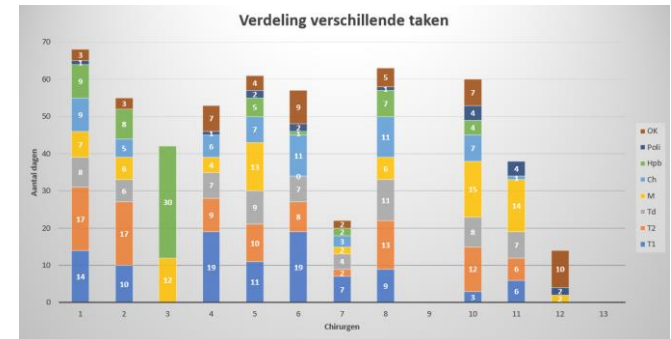
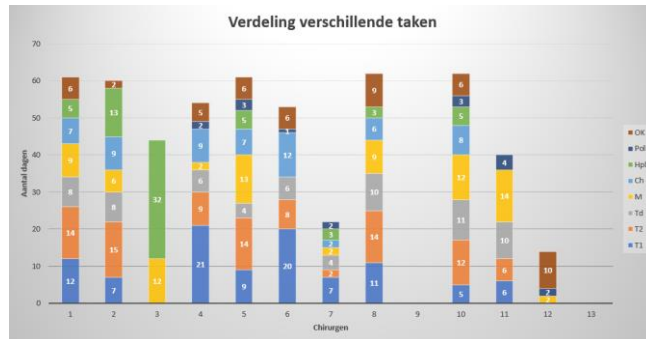
- Model opgelost voor verschillende kleine gevallen
- De optimale planning is meestal gelijk aan de planning die het verwachte aantal operaties na elk kwartaal zo gelijk mogelijk verdeelt



- Dus we kunnen dit in het model voor de kwartaalplanningen toevoegen

Resultaten

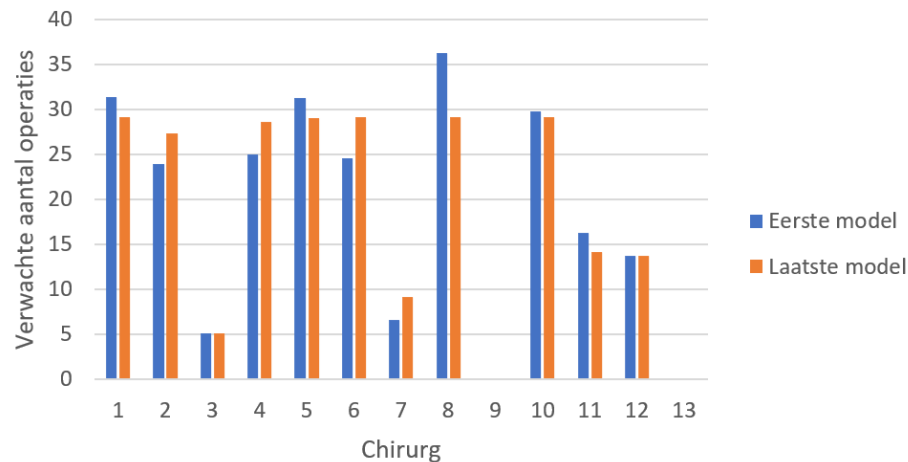
- Geen extra tekorten etc.
- Minder gelijke verdeling taken



Resultaten

- Het verwachte aantal operaties gelijker verdeeld

Verwachte aantal operaties per chirurg




- Model gebruiken voor kwartaalplanningen
 - Gebruiksvriendelijke tool ontwikkelen



Conclusie


Transplantatiechirurgen kunnen automatisch gepland worden, gegeven de beschikbaarheid, zodanig dat zo goed mogelijk aan alle voorwaarden voldaan is en het aantal uitgevoerde operaties zo gelijk mogelijk wordt verdeeld over de chirurgen

- 
- ILP Model voor het maken van kwartaalroosters
 - Gelijk verdelen van operaties over de chirurgen aan het einde van het jaar
 - Stochastisch dynamisch programmerings model
 - Resultaten kleine instanties
 - Gebruik resultaten om de optimale oplossing te benaderen



Conclusie

Transplantatiechirurgen kunnen automatisch gepland worden, gegeven de beschikbaarheid, zodanig dat zo goed mogelijk aan alle voorwaarden voldaan is en het aantal uitgevoerde operaties zo gelijk mogelijk wordt verdeeld over de chirurgen

- 
- ILP Model voor het maken van kwartaalroosters
 - Gelijk verdelen van operaties over de chirurgen aan het einde van het jaar
 - Stochastisch dynamisch programmerings model
 - Resultaten kleine instanties
 - Gebruik resultaten om de optimale oplossing te benaderen