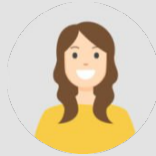




# Kidney exchange



Patient A



Donor A

# Kidney exchange



Patient A

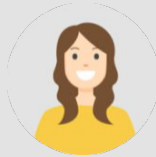


Donor A

# Kidney exchange



Patient A

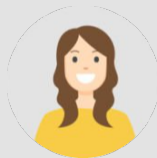


Donor A

# Kidney exchange



Patient *A*



Donor *A*



Patient *B*



Donor *B*

# Kidney exchange



Patient *A*



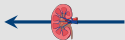
Donor *A*



Patient *B*



Donor *B*



# Kidney exchange



Patient *A*



Donor *A*



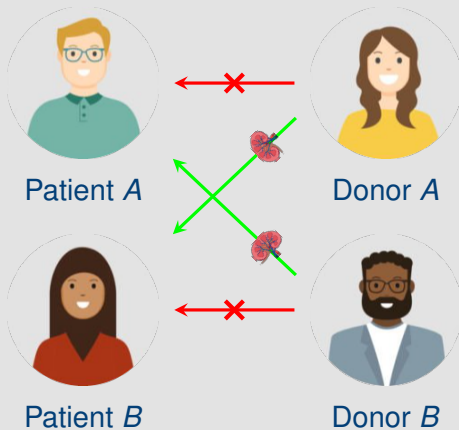
Patient *B*



Donor *B*

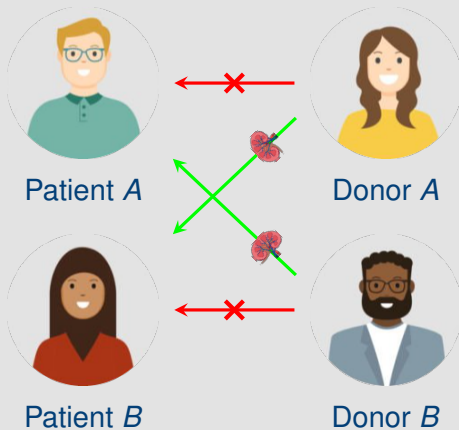


# Kidney exchange





# Kidney exchange

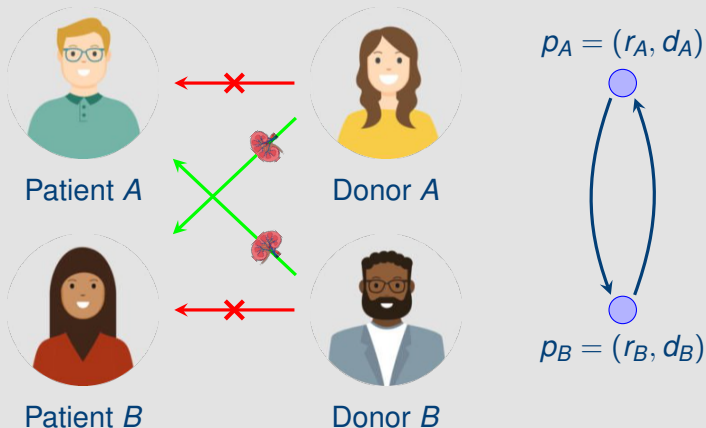


$$p_A = (r_A, d_A)$$



$$p_B = (r_B, d_B)$$

# Kidney exchange



Hoe kies je 'exchanges' om het aantal transplantaties te maximaliseren?

# Een breed en divers onderzoeksveld

Mixed-integer  
linear programming

...

Cross-match  
tests

Optimalisatie  
met  
onzekerheid

Samenwerkingen

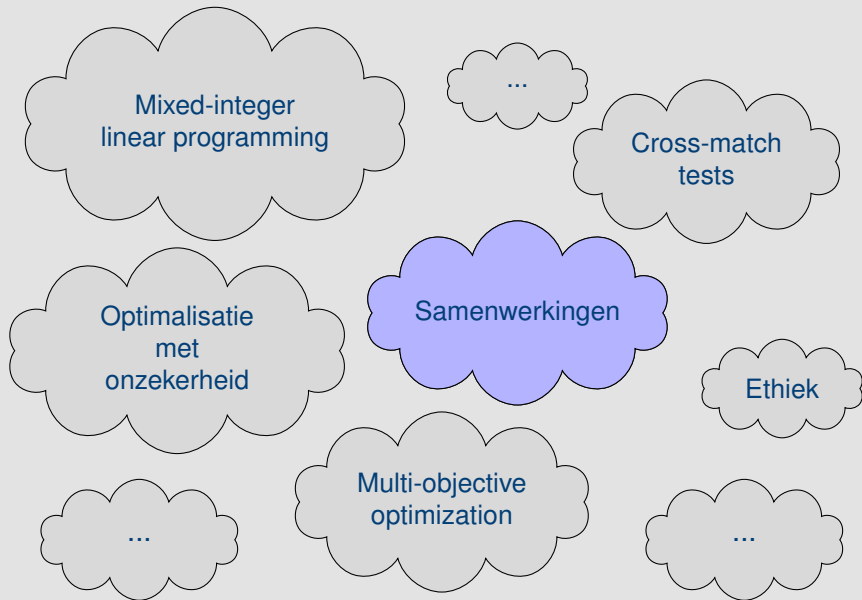
Ethiek

Multi-objective  
optimization

...

...

# Een breed en divers onderzoeksveld

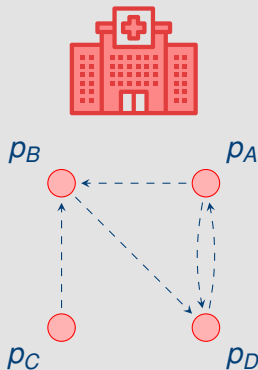
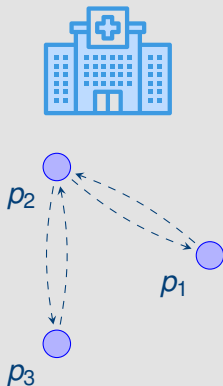


## Samenwerkingen in kidney exchange

**Realiteit:** veel *kidney exchange programmas* worden door een individueel ziekenhuis / transplantatiecentrum beheerd.

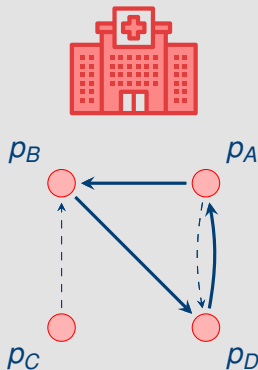
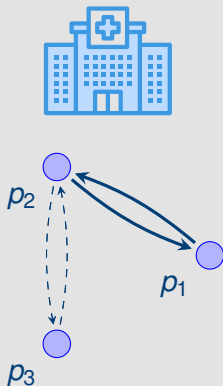
# Samenwerkingen in kidney exchange

**Realiteit:** veel *kidney exchange programmas* worden door een individueel ziekenhuis / transplantatiecentrum beheerd.



# Samenwerkingen in kidney exchange

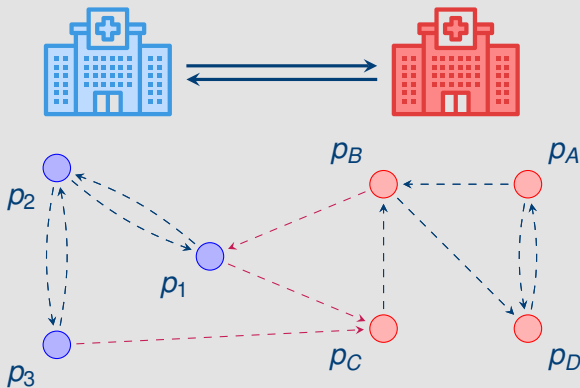
**Realiteit:** veel *kidney exchange programmas* worden door een individueel ziekenhuis / transplantatiecentrum beheerd.



# Samenwerkingen in kidney exchange

**Realiteit:** veel *kidney exchange programmas* worden door een individueel ziekenhuis / transplantatiecentrum beheerd.

**Idee:** samenvoegen van pools van verschillende programma's!

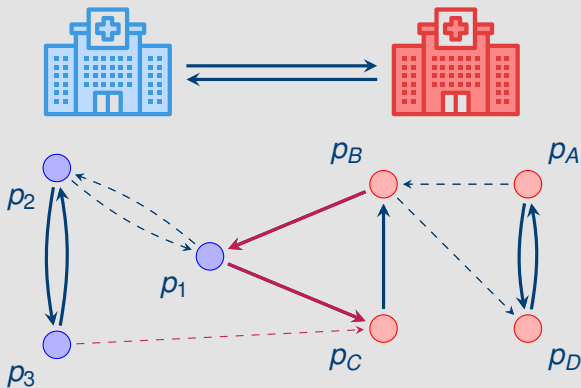




# Samenwerkingen in kidney exchange

**Realiteit:** veel *kidney exchange programmas* worden door een individueel ziekenhuis / transplantatiecentrum beheerd.

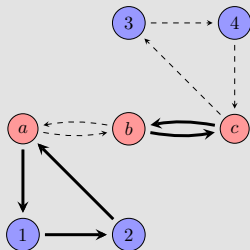
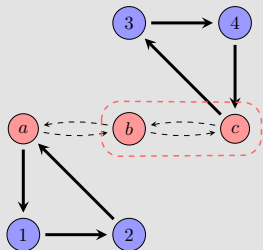
**Idee:** samenvoegen van pools van verschillende programma's!



# Issues van samengevoegde pools

- Ziekenhuizen hebben conflicterende doelen
  - bv., voornamelijk geïnteresseerd in hun eigen patiënten
- Mogelijk minder transplantaties voor een ziekenhuis na samenvoeging

1. Onafhankelijke autoriteit: voorstel van exchanges
2. Ziekenhuizen: voorstel accepteren / aanpassen



# Nieuw samenwerkingsmodel

**Idee:** voorstel van exchanges dat ieder ziekenhuis zal accepteren

## 1. Multi-objective optimization

- (a) maximaliseer het aantal transplantaties binnen de pool van ieder ziekenhuis
- (b) maximaliseer het totaal aantal transplantaties

## 2. Exact optimization

- (a) maximaliseer het totaal aantal transplant
- (b) zodanig dat geen enkel ziekenhuis het voorstel wil aanpassen

- Multi-objective optimization
  - Losse MILPs voor ieder ziekenhuis
  - Voeg beperkingen toe die optimaliteit van het primaire doel forceren
- Exact optimization: twee-staps optimalisatie
  - MIBLP formulering
  - Cutting plane algoritme op de *high-point relaxation*
- Beide algoritmes geïmplementeerd in C++ / CPLEX
- Significant meer transplantaties (tot wel 15% voor realistische programma's)
- Schaalbaar algoritme

# Vragen?



# Twee-staps optimalisatiemodel

## Parameters:

- $\mathcal{H}$  ziekenhuis
- $V^h$  incompatibele paren van ziekenhuis  $h \in \mathcal{H}$
- $\mathcal{E}$  exchanges
- $\mathcal{E}^h$  exchanges binnen de pool van ziekenhuis  $h$
- $\mathcal{E}^0$  exchanges verspreid over meerdere pools
- $w_e, w_e^h$  waarde van exchange  $e$  / voor ziekenhuis  $h$

## Variabelen:

- $x_e \in \{0, 1\}$  OA selecteert exchange  $e$  wel of niet?
- $y_e^h \in \{0, 1\}$  Ziekenhuis  $h$  selecteert exchange  $e$  wel of niet?

# Two-steps optimisation model

## Step 1

$$z^* = \max_{\vec{x}} \sum_{e \in \mathcal{E}} w_e x_e \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{e \in \mathcal{E}(v)} y_e^h \leq 1, \quad v \in V \quad (2)$$

$$\sum_{e \in \mathcal{E}} w_e^h x_e \geq \Phi^h(\vec{x}), \quad h \in \mathcal{H} \quad (3)$$

$$y_e^h \in \{0, 1\}. \quad e \in \mathcal{E}, h \in \mathcal{H} \quad (4)$$

## Step 2:

$$\Phi^h(\vec{x}) = \max_{\vec{y}} \sum_{e \in \mathcal{E}} w_e^h y_e^h \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{e \in \mathcal{E}(v)} y_e^h \leq 1, \quad v \in V \quad (6)$$

$$y_e^h \leq x_e, \quad e \in \mathcal{E}^0 \quad (7)$$

$$y_e^h \in \{0, 1\}. \quad e \in \mathcal{E}, h \in \mathcal{H} \quad (8)$$

$\beta(S^h)$ : max. waarde van exchanges van de subpool  $S^h \subseteq V^h$

## Reformulering

$$z^* = \max_{\vec{x}} \sum_{e \in \mathcal{E}} w_e x_e \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{e \in \mathcal{E}(v)} x_e \leq 1, \quad v \in V \quad (10)$$

$$\sum_{e \in \bigcup_{v \in S^h} \mathcal{E}(v)} w_e^h x_e \geq \beta(S^h), \quad h \in \mathcal{H}, S^h \subseteq V^h \quad (11)$$

$$x_e \in \{0, 1\}. \quad e \in \mathcal{E} \quad (12)$$



Vragen?