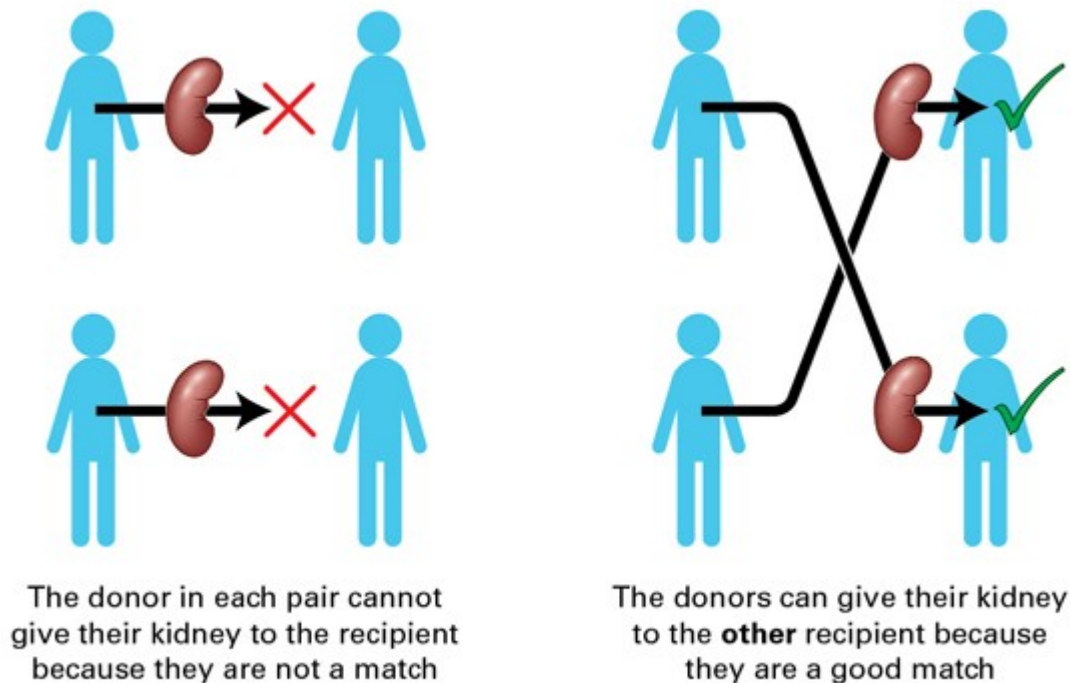


# החלפת כליות

אראל סגל-הלוי

חלק מהשקפים של: Wayne Racey

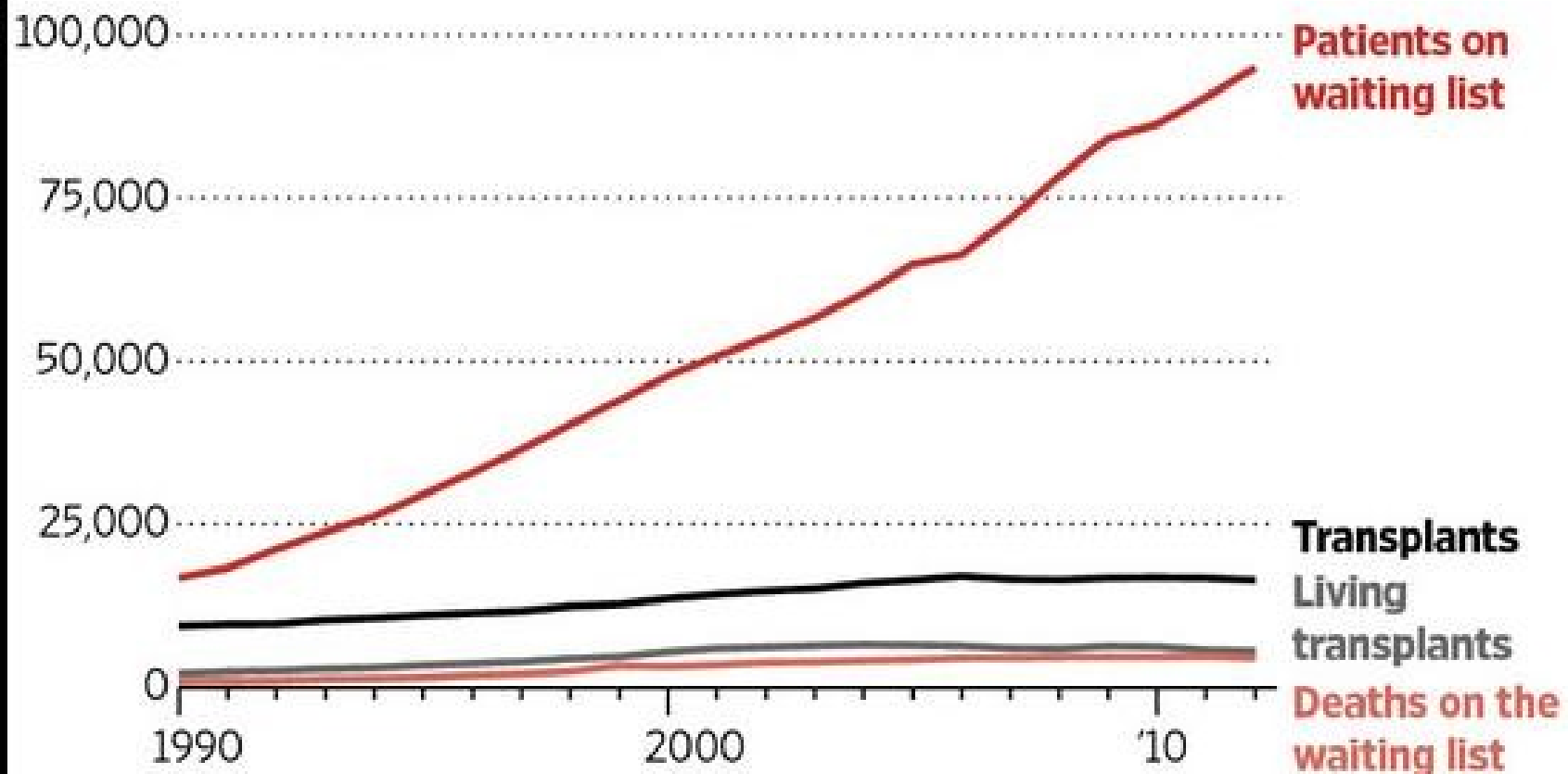


© UHN Patient Education

# התור להשתלת כליות

## A Long Wait for a Kidney

Since 1990, the number of people on the waiting list for a kidney transplant has grown sharply, while the number of transplants has increased only slightly.



Source: The Organ Procurement and Transplantation Network

The Wall Street Journal

# החלפת כליות

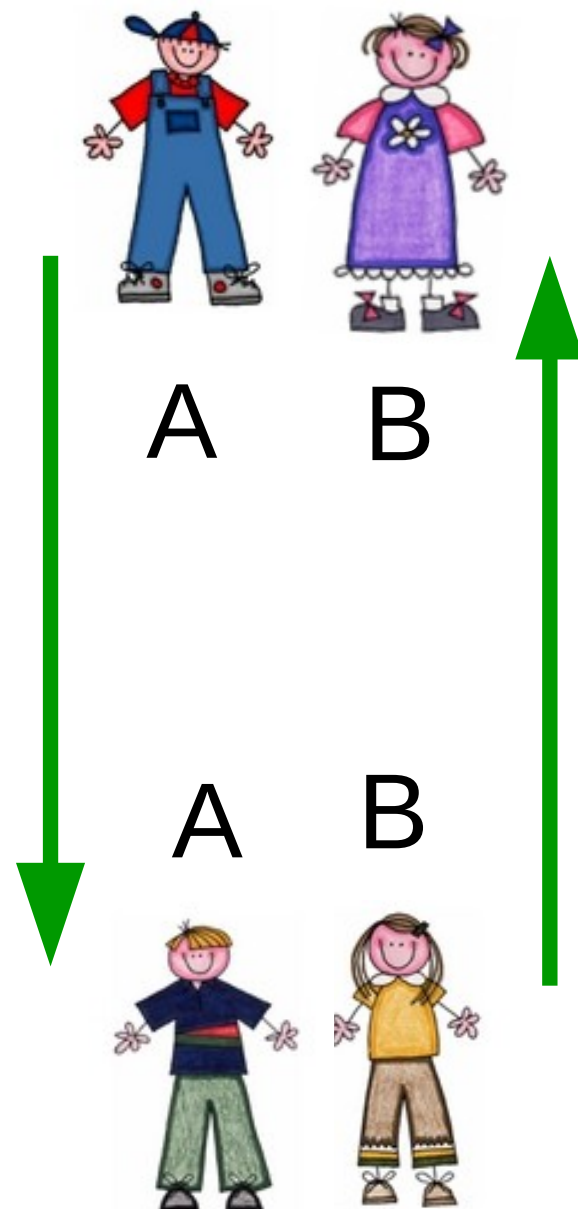
כמעט בכל המדינות:

- יש מחסור בכליות להשתלה.
- אסור לתרום כליות תמורת כסף.
- מותר לתרום כליה תמורת כליה.

# למה להחליף כליות?

תורם **מוכן** לתרום לחולה  
אבל **לא מתאים**, בגלל סוג  
הדם או סיבות נוספות:

> נתרם תורם V	O	A	B	AB
O	כן	כן	כן	כן
A	לא	כן	לא	כן
B	לא	לא	כן	כן
AB	לא	לא	לא	כן



# החלפת כליות 2004 - מעגלי מסחר

Kidney Swapping | Newsweek Health | Newsweek.com - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

http://www.newsweek.com/id/49389?tid=relatedcl



xchange

Coursework 5 : W09-ECON-285-01 : M... Unraveling.pdf (application/pdf Object) Kidney Swapping | Newsweek He...

ADVERTISEMENT

University of Phoenix

*I Am A PHOENIX* CLASS OF 2008

LEARN MORE ABOUT BECOMING A PHOENIX

CLICK HERE

HOME

THE MAGAZINE

INTERNATIONAL EDITION

msnbc

LOGIN / REGISTER

SUBSCRIBE TO NEWSWEEK  
Only \$40 a year

# Newsweek

SEARCH SITE

WEB

NEWS

POLITICS

TECH / BUSINESS

CULTURE / IDEAS

HEALTH

VOICES

SITE GUIDE

SUBSCRIBE NOW

Health for Life

By The Numbers

Key Healthcare Issues



VIDEO SATIRE

'The District'

Episode 8: OMG! Everyone's PO'd at AIG



CULTURE

- The Reluctant Rock Star
- Meeting Your Teen Idols
- Photos: Grunge Gone By



OH SLATE.COM

- The Locavore's Dilemma
- My Own Private B.O.
- Worst. Tournament. Ever.

## Kidney Swapping

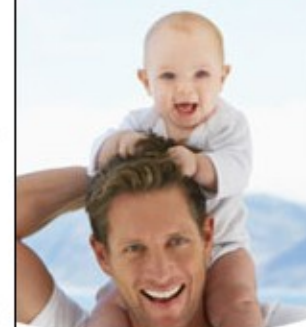
CREATING A NATIONAL EXCHANGE PROGRAM TO CONNECT PAIRS OF DONORS/RECIPIENTS COULD HELP THOSE MOST IN NEED.

By Vanessa Juarez | Newsweek Web Exclusive

Apr 26, 2005

ADVERTISEMENT

Pay Less for  
Term Life Insurance



Recommended (6)

- Organ Trafficking Is No Myth
- Jerry Adler: Are Kidneys a Commodity?

See All

Topics (2)

- Kendall Wyman
- Robert Montgomery

See All

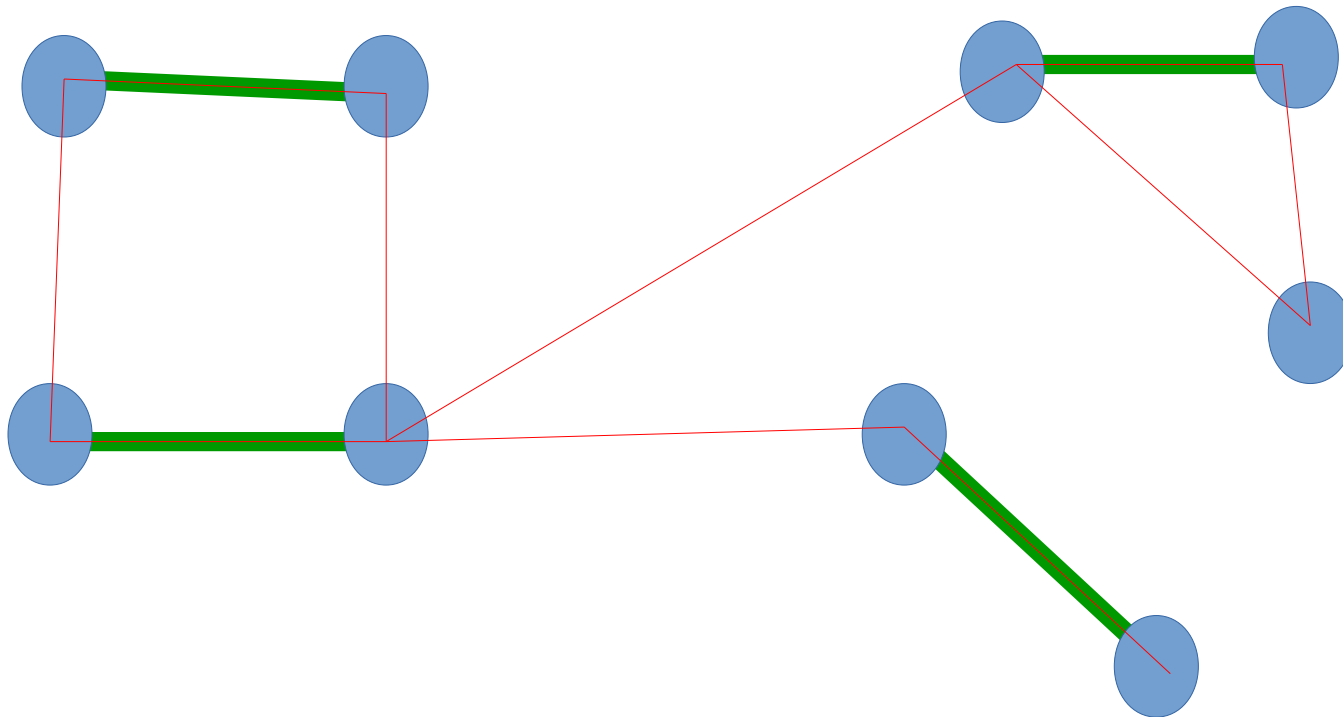
# החלפת כליות 2005 - שידוכי מסחר

- אלגוריתם מעגלי המסחר לא התאים לבעיה:
- המעגלים ארוכים מדי! בהחלפת כליות מעדיפים מעגלים קצרים – באורך 2 או 3 – כי כל ההשתלות במעגל חייבות להתבצע במקביל.
- מצד שני, בהחלפת כליות ההעדפות בינאריות – כל חולה מוכן לקבל כליה מכל תורם מתאים.

הפתרון: במקום לחפש מעגלים,  
נחפש שידוכים.

# מציאת שידוך גדול ביותר

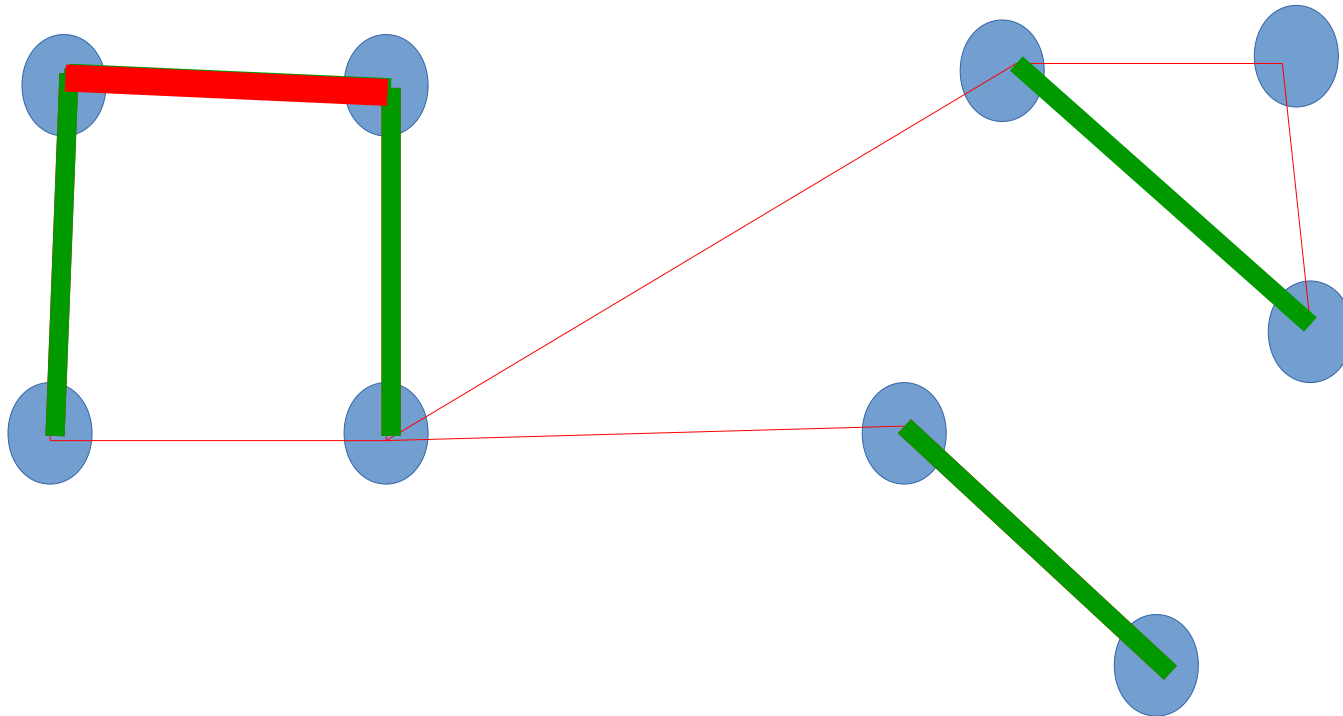
שידוך בגרף כללי = אוסף של זוגות-צמתים זרים.  
כל צומת מייצג זוג; כל קשת מייצגת התאמה הדדית.



# אלגוריתם הפרחים (Blossom Algorithm, Edmonds Algorithm)

**מסלול שיפור** = מתחיל ומסתיים בצמתים לא משודכים, ומתחלף אדום-ירוק-אדום....-ירוק-אדום.

כל עוד יש מסלול-שיפור:  
הפוך אותו (ירוק לאדום ואדום לירוק).

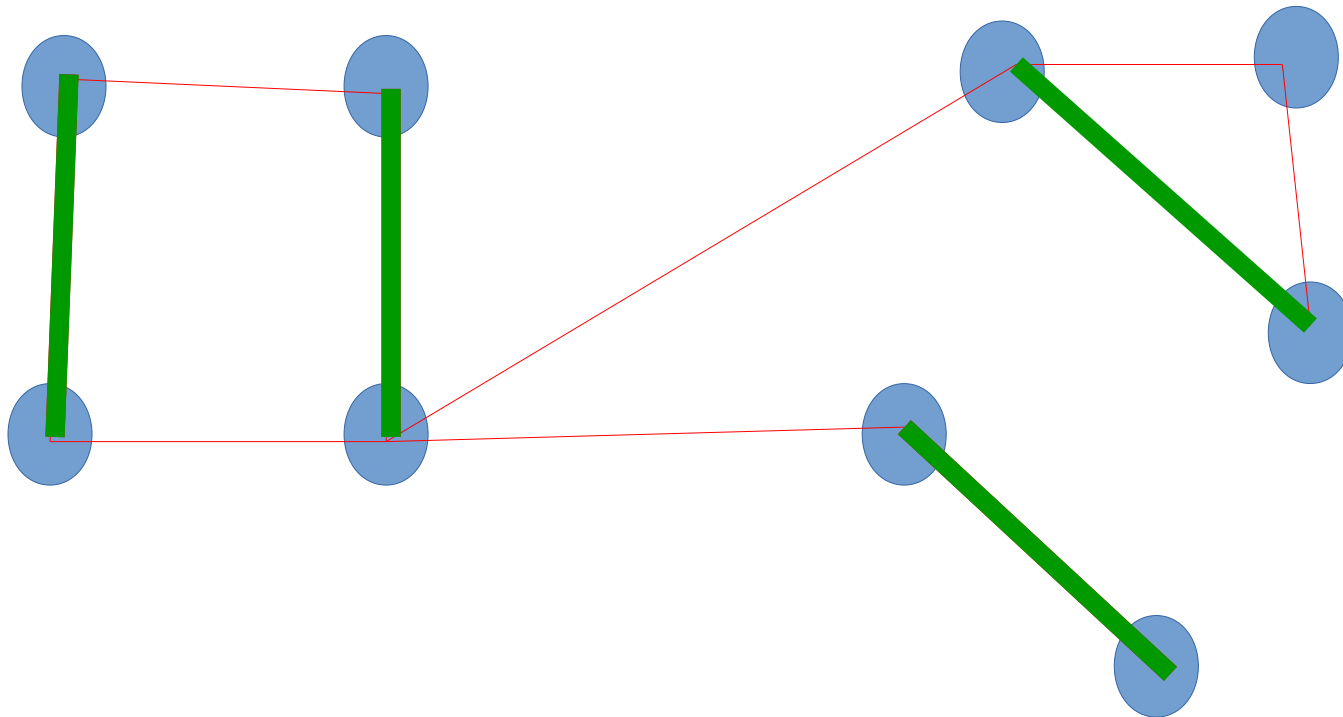




# אלגוריתם הפרחים

(Blossom Algorithm, Edmonds Algorithm)

- למה האלגוריתם עובד? כי לפי הלמה של Berge:  
בכל שידוך לא-גדול-ביותר קיים מסלול שיפור.
- איך מוצאים מסלול שיפור? עם פרחים (מסובך).



# החלפת כליות בישראל



[https://www.health.gov.il/English/Topics/organ\\_transplant/live\\_donors/Pages/intersection\\_plan.aspx](https://www.health.gov.il/English/Topics/organ_transplant/live_donors/Pages/intersection_plan.aspx)

# האם האלגוריתם אמיתי?

מי הם השחקנים בבעיית שידוך הכליות?

- **הזוגות** – יכולים לכל היותר להסתיר קשתות, אבל זה לא יעזור להם.

- **המרכזים הרפואיים** – יכולים להסתיר זוגות - לשדך אותם באופן פנימי.

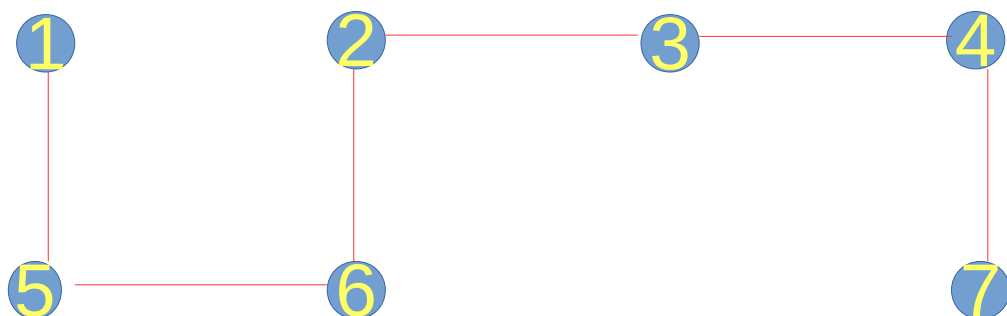
- **האינטרס של המרכזים הרפואיים הוא לדאוג לחולים "שלהם" - שכמה שיותר חולים שלהם יקבלו כליה.**

# תמריצים של מרכזים רפואיים

**משפט:** אין אלגוריתם שהוא גם יעיל פארטו וגם אמיתי עבור המרכזים הרפואיים.

**הוכחה:** נניח בשלילה שקיים אלגוריתם כזה. נראה מצב שבו, לכל שידוך שהאלגוריתם בוחר, קיים מרכז שיכול להסתיר זוגות, וכך להגדיל את מספר החולים "שלו" שמקבלים כליה. <--

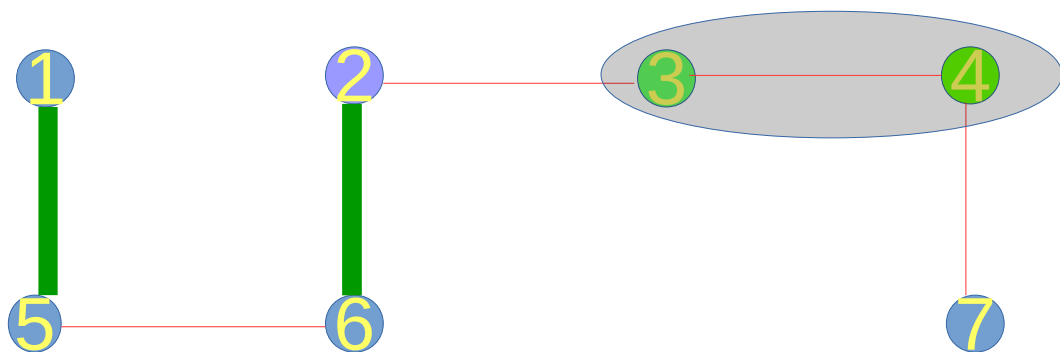
# תמריצים של מרכזים רפואיים – הוכחה



רמב"ם

הדסה

נניח שהמצב  
האמיתי הוא כזה,  
שכל שידוך משאיר  
לפחות חולה אחד  
בלי כליה:

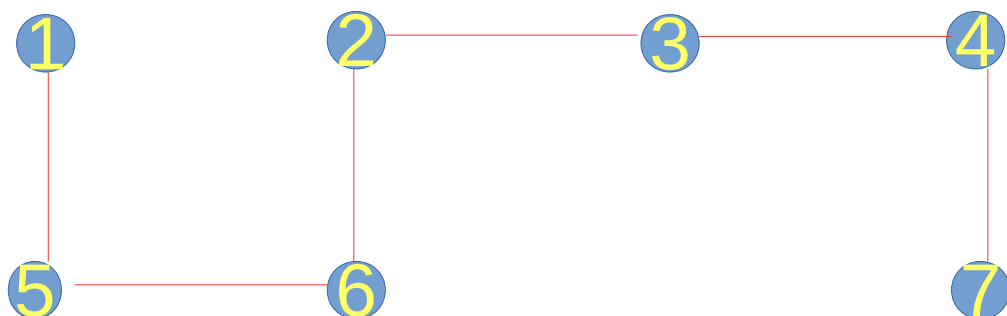


רמב"ם

הדסה

אם רמב"ם מסתיר  
שני זוגות ומשדך  
אותם אצלו, אז יש  
רק שידוך  
יעיל-פארטו אחד,  
ובו כל 4 החולים של  
רמב"ם מקבלים  
כליה:

# תמריצים של מרכזים רפואיים – הוכחה

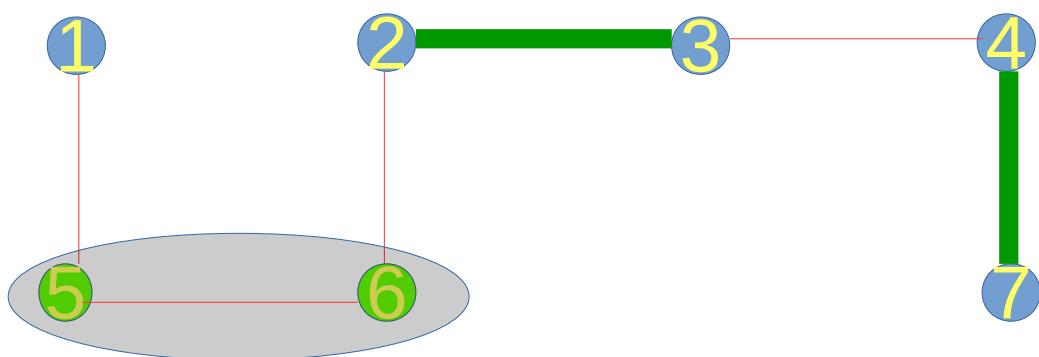


רמב"ם

הדסה

נניח שהמצב  
האמיתי הוא כזה,  
שכל שידוך משאיר  
לפחות חולה אחד  
בלי כליה:

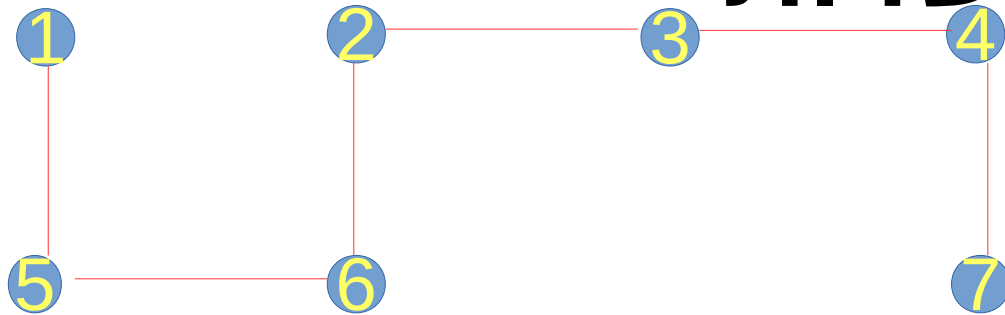
אם הדסה  
מסתירה שני זוגות  
ומשדכת אותם  
אצלה, אז יש רק  
שידוך יעיל-פארטו  
אחד, ובו כל 3  
החולים של הדסה  
מקבלים כליה:



רמב"ם

הדסה

# תמריצים של מרכזים רפואיים – אי-אפשרות

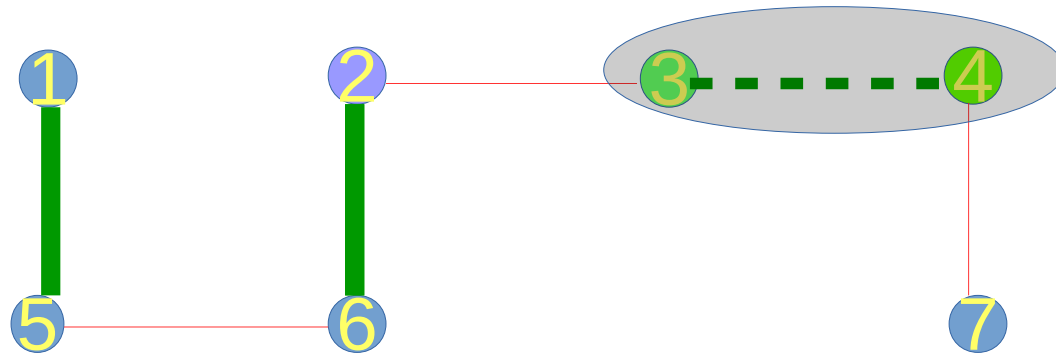


רמב"ם

הדסה

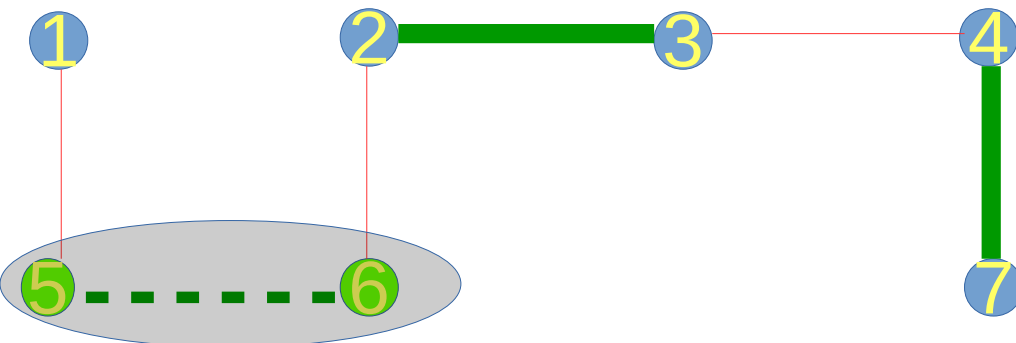
לכן, לכל שידוך  
שהאלגוריתם  
בוחר, אחד  
המרכזים יכול  
להסתיר זוגות וכך  
להכריח את  
המנגנון לבחור  
שידוך עדיף עבורו.

\*\*\*



רמב"ם

הדסה



רמב"ם

הדסה

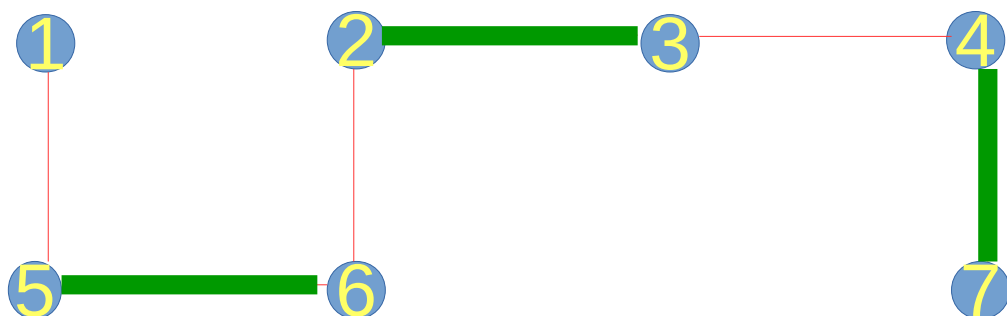
# תמריצים של מרכזים רפואיים – קירוב 1/2

כיוון שאין מנגנון אמיתי המשיג את השידוך הגדול ביותר, חיפשו מנגנון אמיתי המשיג שידוך שהוא גדול-ביותר-בקירוב.

- המנגנון (אשלגי, פישר, קאש, פרקצ'יה, 2013):
- מחשבים, עבור כל מרכז רפואי, את המספר הגדול ביותר של קשתות פנימיות.
  - מחשבים את השידוך הגדול ביותר מבין כל השידוכים עם אותו מספר של קשתות פנימיות.



# קירוב 1/2 - דוגמאות



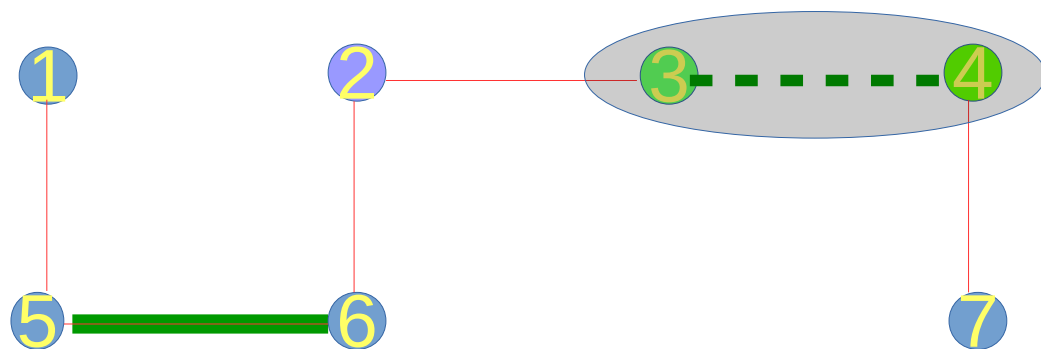
רמב"ם

מצב אמיתי:

המנגנון בוחר

שידוך מקסימלי.

הדסה



רמב"ם

הסתרה ברמב"ם.

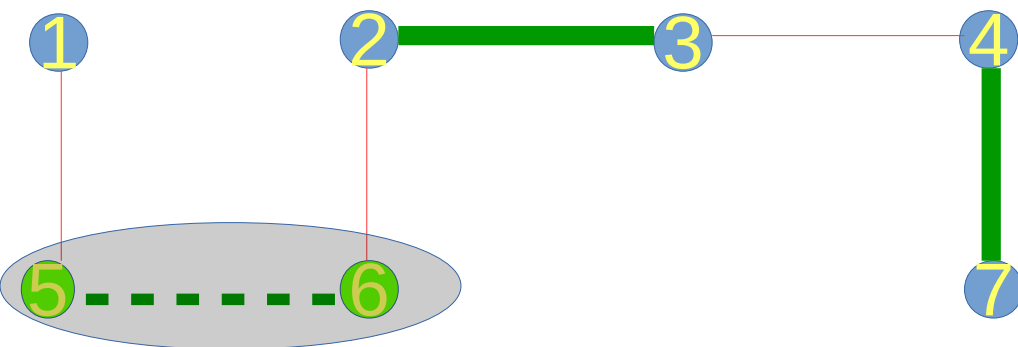
המנגנון בוחר

שידוך קטן פי 2

מהמקסימלי;

רמב"ם לא מרויח.

הדסה



רמב"ם

הסתרה בהדסה:

הדסה לא

מרויחה.

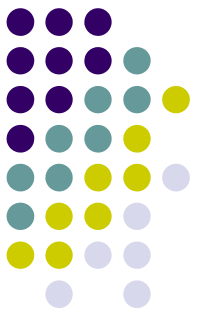
הדסה

# קירוב $1/2$ - הוכחה

**משפט:** אלגוריתם אשלג-פישר-קאש-פרוקצ'יה מחזיר תמיד שידוך שגודלו לפחות  $1/2$  מהשידוך הגדול ביותר האפשרי.

**הוכחה:** נניח שהשידוך הגדול ביותר כולל  $n$  קשתות ו- $2n$  זוגות. מכל קשת, לפחות זוג אחד נמצא בשידוך של האלגוריתם – אחרת האלגוריתם היה יכול להוסיף את הקשת ולהשיג שידוך גדול יותר. לכן השידוך של האלגוריתם כולל לפחות  $n$  זוגות.

# תורם חסיד - "שלי שלך ושלך שלך" (אלטרואיסט) – ממעגלים לשרשראות



- In July 2007, Alliance for paired donations started an "Altruistic Donor Chain"
- Altruistic donor in Michigan donated kidney to woman in Phoenix.
- Husband of Phoenix woman gave kidney to woman in Toledo.
- Her mom gave kidney to patient A in Columbus, whose daughter simultaneously gave kidney to patient B in Columbus.
- And so on....



# שרשרת באורך 60

