

"ונחלתם אותה איש כאחיו" (יחזקאל מ"א 14)

# תקצוב השתתפותי

## Participatory Budgeting

אראל סגל-הלוי

חלק מהשקפים של נמרוד טלמון

רוב התוצאות מתוך: Aziz, Lee, Talmon 2018

איפה הכסף?

# Participatory Budgeting

Brazil (Latin-America)

- US (> 500 places)
- Paris (> 20M€)
- ...



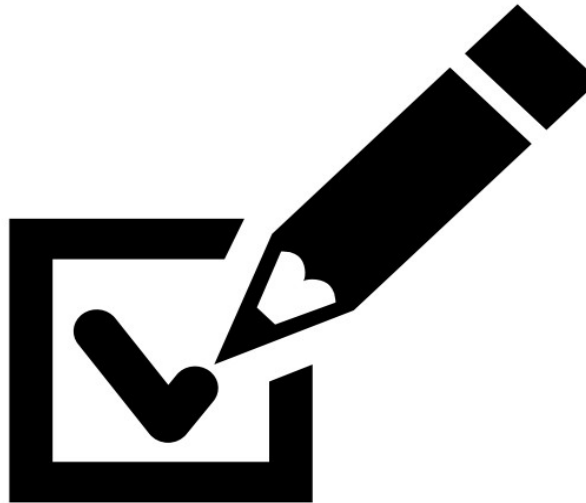
Cabannes; Participatory budgeting: A significant contribution to participatory democracy

Participatory Budgeting in  
Cambridge 2015

---

# BALLOT

---



## Voting Instructions

- All Cambridge residents ages 12 and over may vote.
- You may vote for up to five (5) projects.
- You cannot vote for the same project more than once.
- Ballots marked with more than five (5) votes are invalid and will not be counted.
- Mark boxes clearly with an "X," a check mark, or fully shade them in.
- Use black or blue ink. Ballots marked in pencil will not be counted.





## Culture & Community Facilities



### A. Mural Project at Russell Field

\$22,000

*Russell Field FieldHouse, Rindge Ave*

A middle-school student in North Cambridge proposed installing a mural in his neighborhood that "shows the community of Cambridge." The mural will be installed on the Russell Field Fieldhouse.



### B. Furniture for the O'Connell Library

\$36,000

*East Cambridge (48 Sixth Street)*

The furniture at the O'Connell library is quite worn down. This proposal would provide the library with new tables, chairs, computer workstations, and loveseats for parents and children to read together.



### C. Bilingual Books for Children Learning English

\$7,000

*Citywide*

This will fund the purchase of 300+ bilingual books for Cambridge children in the "Agenda for Children's Literacy" Initiative project who are learning English, learning to read, & have limited/no access to books in their home language.



### D. Little Free Libraries (Book Exchanges)

\$13,000

*13 locations - 1 in each neighborhood.*

Informal Book Exchanges are already popular in Cambridge on streets and at the DPW yard. This project would install 13 Little Free Libraries to support literacy, community engagement, and fun throughout the streets of our city.



### E. Computers for the Community Learning Center

\$27,000

*Community Learning Center, 5 Western Avenue*

At the CLC, students can improve their English or pursue a High School Equivalency Diploma. The CLC has 18 laptops and 12 ThinkPads for 630 adult learners. Project would fund 20 additional laptops, keyboards, mice and storage cart for the students.



## Streetsmarts



### F. Bike Repair Stations

\$12,000

*8 locations around Cambridge*

Install 8 bike repair stations with tools and bike pumps around the City for cyclists to quickly, easily, and freely fix routine bike problems. Locations include 2 libraries, 2 T stops, 3 parks (includes Inman Sq), and Fresh Pond Parkway.



### G. Renovation of Bus Shelter at Comeau Field & Rindge Ave.

\$75,000

*Rindge Avenue at Comeau Field, North Cambridge*

This project entails a major redesign and renovation, with community participation, of the #83 bus shelter. New features will include acrylic panels with cut-out figures and a roof element reflective of nearby recreation and natural habitat.



### H. Wayfinding Banners - Neighborhood & Commercial Identity

\$15,600

*13 City Profile Areas of Cambridge*

Hang banners in 13 strategic high-traffic, high-density business and neighborhood areas to identify commercial and/or neighborhood-specific local areas in Cambridge. This would support commerce, diversity, and neighborhood integrity.



### I. Traffic Garden

\$200,000

*Location will be determined through a community process*

A Dutch Traffic Garden, called "Safety School" in the U.S., is a permanent park for children to learn transportation etiquette by role playing. Kids take turns biking, walking, and driving a miniature streetscape in a safe environment.



### J. Bus Shelter Monitors with Real Time Arrival

\$30,000

*Inman Square*

Install 2 real time bus arrival monitors with digital displays at the bus shelters at Cambridge Street & Hampshire Street and Cambridge Street & Inman Street.

| Project                                    | Total Votes | Project Cost | Cumulative Project Costs |
|--|-------------|--------------|--------------------------|
| 100 new trees                              | 1,441       | \$ 119,400   | \$ 119,400               |
| CLC computers                              | 1,110       | \$ 27,000    | \$ 146,400               |
| Bilingual books                            | 970         | \$ 7,000     | \$ 153,400               |
| Central Square toilet                      | 945         | \$ 320,000   | \$ 473,400               |
| Bike repair stations                       | 917         | \$ 12,000    | \$ 485,400               |
| Free outdoor wifi                          | 875         | \$ 42,000    | \$ 527,400               |
| Danehy amphitheater                        | 786         | \$ 350,000   |                          |
| Bus shelter real time monitors             | 748         | \$ 30,000    |                          |
| Little free libraries                      | 620         | \$ 13,000    |                          |
| O'Connell Lib furniture                    | 534         | \$ 36,000    |                          |
| North Camb. community garden               | 521         | \$ 240,000   |                          |
| Planting materials                         | 506         | \$ 40,000    |                          |
| Traffic garden                             | 475         | \$ 200,000   |                          |
| Danehy fitness equipment                   | 468         | \$ 65,000    |                          |
| Dog park                                   | 302         | \$ 250,000   |                          |
| Peace garden                               | 297         | \$ 340,000   |                          |
| Russell Field mural                        | 289         | \$ 22,000    |                          |
| Wayfinding banners                         | 274         | \$ 15,600    |                          |
| 83 bus shelter renovation                  | 271         | \$ 75,000    |                          |
| Raymond Park community garden improvements | 193         | \$ 20,000    |                          |
|  | 12,542      | \$ 2,224,000 |                          |

# הגדרת הבעיה

**פריטים:**  $X = \{x_1, \dots, x_m\}$

**פונקציית עלות:**  $c : X \rightarrow \mathbb{N}$

**הצבעות:**  $V = \{V_1, \dots, V_n\}$

$$V_i \subseteq X$$

(כל אזור בוחר תת-קבוצה של פריטים)

**שיטת תיקצוב:** בהינתן הסכום הכולל  $L$ ,  
יש לחשב תקציב (קבוצה של פריטים)  $X' \subseteq X$   
המקיים  $c(X') \leq L$ .

# השיטה המקובלת – "שיטת התרמיל" (knapsack budgeting)

(1) מסדרים את הפריטים בסדר יורד של מספר הקולות שקיבלו.

(2) מכניסים פריטים לתקציב עד שמגיעים לסכום הכולל L.

# חוסר-הגינות בשיטת התרמיל

• נניח ש:

- יש 20 מקומות אפשריים לבתי-ספר.
- הכסף בקופה מספיק ל-10 בתי-ספר.
- 51% מהאזרחים גרים בשכונה א.
- 49% מהאזרחים גרים בשכונה ב.
- תקציב בשיטת התרמיל יגרום לכך שכל 10 בתי-הספר יהיו בשכונה א.
- לא הוגן כלפי שכונה ב!



# תקציב פרופורציונלי חזק

(*Strong Budget Proportional Justified Representation*)

## הגדרה:

- תקציב נקרא פרופורציונלי-חזק אם -  
לכל קבוצת מצביעים בגודל  $k$  (מתוך  $n$ ):
  - אם כל חברי הקבוצה מסכימים על פריטים שהעלות הכוללת שלהם לפחות  $kL/n$  -
  - אז הסכום המוקצב לפריטים, שלפחות אחד מחברי-הקבוצה רוצה, הוא לפחות  $kL/n$ .

הרעיון: לכל אזרח יש "זכות" לקבוע לגבי יחידת-תקציב אחת  $(L/n)$ .

# תקציב פרופורציונלי חזק

**בעיה: לא תמיד קיים תקציב פרופורציונלי-חזק:**

- הסכום הקצוב  $L=4000$ .

- שני פריטים: ספריה וגן, כל אחד עולה 2500.

- $n=4000$  אזרחים:

- 2000 רוצים רק את הספריה,

- 2000 רוצים רק את הגן.

- לקבוצה בגודל 2000 יש זכות על 2000.

- תקציב פרופורציונלי-חזק צריך לממן את שני

**הפריטים – אבל זה יעלה 5000 ויש רק 4000!**

# תקציב פרופורציונלי [חלש]

(Budget Proportional Justified Representation)

## הגדרה:

תקציב נקרא פרופורציונלי אם -

לכל קבוצת מצביעים בגודל  $k$  (מתוך  $n$ ):

• אם כל חברי הקבוצה מסכימים על פריטים

שהעלות הכוללת שלהם לפחות  $kL/n$ , אז -

• הסכום המושקע בפריטים, שלפחות אחד

מחברי-הקבוצה רוצה, הוא לפחות

העלות הגדולה ביותר של קבוצת-פריטים שכל

חברי הקבוצה מסכימים עליהם, ועולה לכל

היותר  $kL/n$ .

• בדף הקודם, כל תקציב הוא פרופורציונלי חלש.

# תקציב פרופורציונלי - אלגוריתם

**משפט:** תקציב פרופורציונלי תמיד קיים.

**הוכחה:** האלגוריתם הבא מוצא אותו (עזיז-לי-טלמון 2018):

• **אתחול:** תקציב  $=$  קבוצה ריקה,

מקופחים  $=$  כל האזרחים.

• סדר את  $2^m$  קבוצות הפריטים בסדר יורד של עלות.

• לכל קבוצת-פריטים  $Y$ , מהיקרה לזולה:

• חשב את קבוצת המקופחים  $K$  שרוצים את כל

הפריטים ב- $Y$ . נניח שבקבוצה יש  $k$  אזרחים.

• אם עלות הפריטים ב- $Y$  היא לכל היותר  $kL/n$  -

• הוסף את הפריטים ב- $Y$  לתקציב.

• הורד את האזרחים ב- $K$  מקבוצת המקופחים.

# תקציב פרופורציונלי - דוגמה

סכום כולל: 30;  
סכום לאזרח: 5.

|     |         |        |
|-----|---------|--------|
| 5,6 | 1,2,3,4 | אזרח   |
| ג   | א,ב     | פריטים |

|    |    |    |    |      |
|----|----|----|----|------|
| ד  | ג  | ב  | א  | פריט |
| 10 | 15 | 15 | 20 | עלות |

16 תת-קבוצות של פריטים:

• אבגד, אבג, אבד, אגד, בגד, אב, אג, אד, בג, בד, גד -- **יקרים מדי**.

• **א** – הקבוצה  $K$  בגודל 4, העלות 20, **מתקצבים**.

• נשארו אזרחים 5,6 ופריטים ב,ג,ד.

• ב, ג, ד – **יקרים מדי**; סיימנו.

# תקציב פרופורציונלי – עוד דוגמה

| אזרח   | 1 | 2   | 3   | 4 |
|--------|---|-----|-----|---|
| פריטים | א | א,ב | ב,ג | ג |

סכום כולל: 40;  
סכום לאזרח: 10.

| פריט | א  | ב  | ג  |
|------|----|----|----|
| עלות | 20 | 20 | 20 |

8 תת-קבוצות של פריטים:

- אבג, אב, בג, אג – **יקרים מדי**.
- **א** – הקבוצה  $K$  בגודל 2, העלות 20, **מתקצבים**.
- נשארו אזרחים 3,4 ופריטים ב,ג.
- ב – **יקר מדי**;
- **ג** – הקבוצה  $K$  בגודל 2; **מתקצבים**.



# תקציב פרופורציונלי - הוכחה

**משפט 1:** אלגוריתם עזיז-לי-טלמון אף פעם לא חורג מגבולות התקציב.

**הוכחה:** בכל פעם שקבוצה של  $k$  אזרחים יוצאת מקבוצת המקופחים, האלגוריתם מתקצב פריטים שעלותם הכוללת היא לכל היותר  $k * L/n$ .

לכן, לאחר שכל  $n$  האזרחים יצאו מקבוצת המקופחים, האלגוריתם מתקצב פריטים שעלותם הכוללת היא לכל היותר  $n * L/n = L$ .

# תקציב פרופורציונלי - הוכחה

**משפט 2:** אלגוריתם עזיז-לי-טלמון תמיד מחזיר תקציב פרופורציונלי [חלש].

**הוכחה:** נתונה קבוצת-אזרחים  $K$  בגודל  $k$ , המסכימים על קבוצת-פריטים  $X$ , כאשר  $c(X) \leq kL/n$ . נוכיח שסך כל המימון המיועד לפריטים שחברי  $K$  רוצים, הוא לפחות  $c(X)$ .  
 $X$  מחולקת לשתי תת-קבוצות:  $Y$  – המתקצבים,  $Z$  – השאר.  
איפה נמצאים חברי הקבוצה  $K$ , כשהאלגוריתם מגיע ל- $Z$ ?  
• אם כל חברי  $K$  מקופחים – האלגוריתם יתקצב את  $Z$ ; סתירה.

• אם אחד מהם כבר לא מקופח – כשהוא יצא, נבחרה לתיקצוב קבוצת-פריטים שעלותם הכוללת לפחות  $c(Z)$ .  
לכן, המימון הכולל לפריטים שחברי  $K$  רוצים הוא לפחות:

$$c(Z) + c(Y) = c(X)$$

\*\*\*

# תקציב פרופורציונלי – זמן ריצה

**סיבוכיות:  $2^m * n$ .**

- סביר כשמספר הפריטים קטן.
- כשמספר הפריטים גדול, הבעיה  $NP$ -קשה.

**שאלת מחקר:**

**האם קיים אלגוריתם קירוב טוב?**