



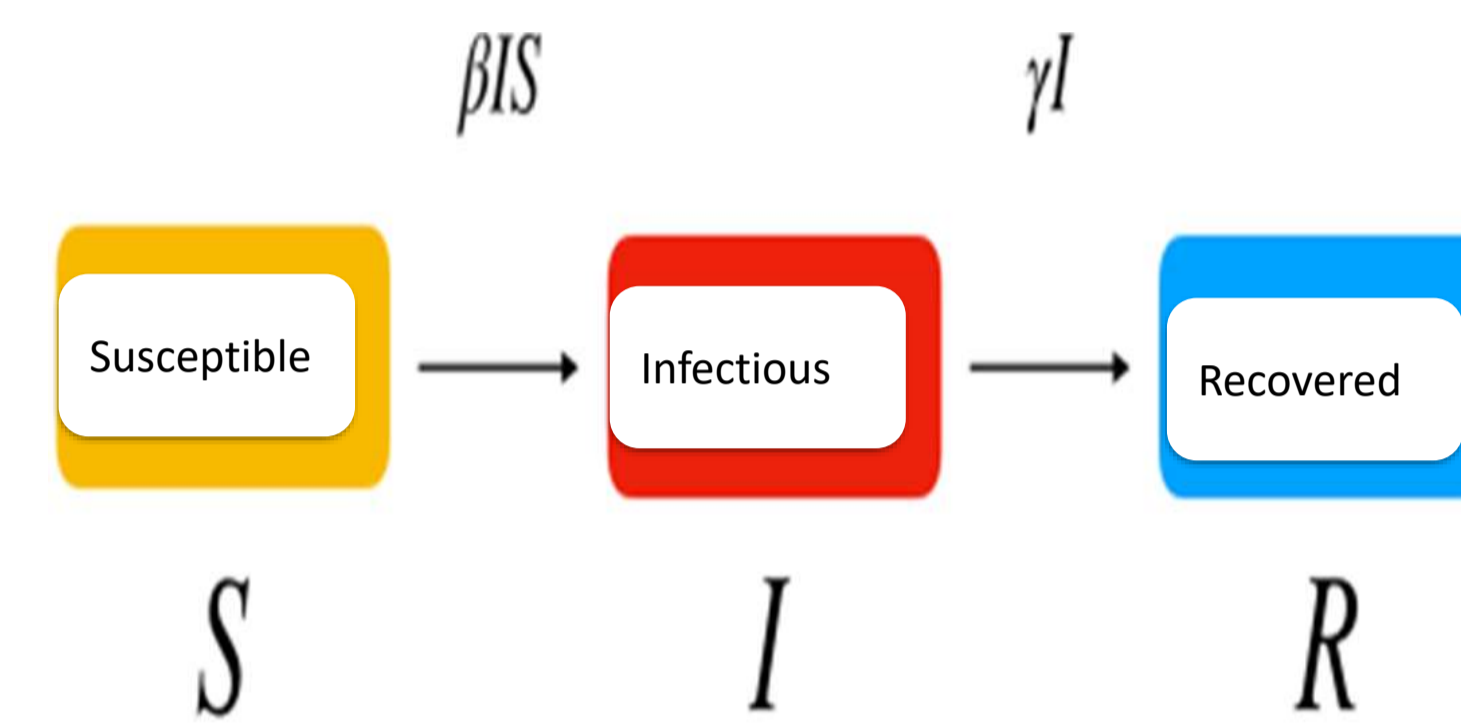
מודליים מתמטיים להתפשטות מגפות השפעת בדיקות סרולוגיות וחיסונים על עלות המחלה באוכלוסייה

בכל מצב של חיסון כנגד אפידמיה, נרצה לדעת מהי מתודולוגיית החיסון האידאלית, כלומר, אילו פרקציות מהאוכלוסייה צריכות להתחסן או להיות חיוביות בבדיקה סרולוגית, על מנת למזער את התחלואה ואת עלויות המחלה. במחקר זה בדקנו זאת במצב בו יש אינפורמציה חלקית בלבד בנוגע לחסינות הפרט למחלה. בדיקות סרולוגיות מצביעות על חסינות כללית ולא אם בן אדם חולה באותו הרגע, לכן הן יעילות למחקר שלנו.

רקע תיאורטי

שאלת המחקר- מהי אסטרטגיית החיסון האידאלית בהנחת אינפורמציה חלקית לגבי חסינות האוכלוסייה?

מודל SIR-מודל אשר מניח שכל האוכלוסייה מורכבת משלוש קבוצות בלבד ($S + I + R = 1$) ומתאר את התפתחות הקבוצות לאורך זמן.



$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$ • S (Susceptibles) קבוצת הפגיעים.
 $\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$ • S_0 כמות החולים במצב ההתחלה.
 $\frac{dR}{dt} = \gamma I$ • S_∞ כמות החולים בסוף המחלה.
 • I (Infected) קבוצת הנשאים.
 • R (Recovered) קבוצת המחוסנים.

במגיפה יש מעבר בין הקבוצות, אנשים מקבוצת הפגיעים יכולים להידבק בנגיף ולעבור לקבוצת הנשאים, כמו כן נשאים יכולים להחלים ולעבור לקבוצת המחוסנים.

$Z_\infty(n_v, n_t) = s_0 - s_\infty$ - כמות החולים הכוללת של המחלה (משתנה בפונקציית העלות).

תוצאות אנליטיות

- הוכחנו מונטוניות עולה של כמות החולים, Z_∞ (כתלות בכמות החיסונים).
- התוצאות האנליטיות שלנו מוכיחות שכאשר אי השוויון הבא הוא נכון עדיף לבדוק את כל האנשים לפני שמחסנים אותם, אחרת עדיף לחסן את כולם ישירות:

$$F < \frac{C_t}{C_v}$$

-F אחוז השגיאה שלנו על היותו של אדם בקבוצה שאנחנו חושבים שהוא נמצא בה (חולה\חסין\מועד S).
 C_t - עלות בדיקה, C_v - עלות חיסון.

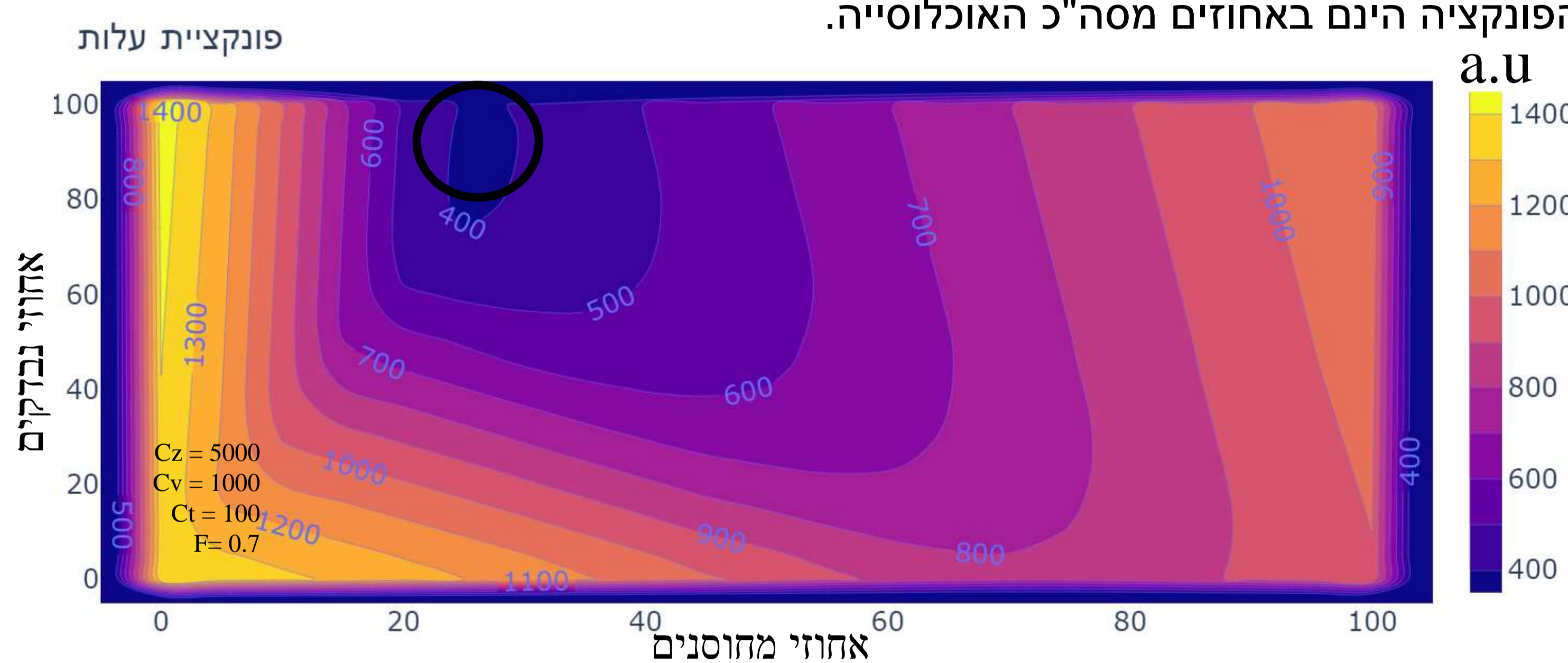
תוצאות נומריות

כדי לכמת את עלות המחלה התחשבנו בפרמטרים הנ"ל ובנינו את

פונקציית העלות: $U(n_t, n_v) := n_t c_t + n_v c_v + c_z Z_\infty(n_v, n_t)$

C_t - עלות בדיקה, C_v - עלות חיסון, C_z - עלות אדם חולה, n_v - אחוז החיסונים, n_t - אחוז הבדיקות

- כל משתני הפונקציה הינם באחוזים מסה"כ האוכלוסייה.

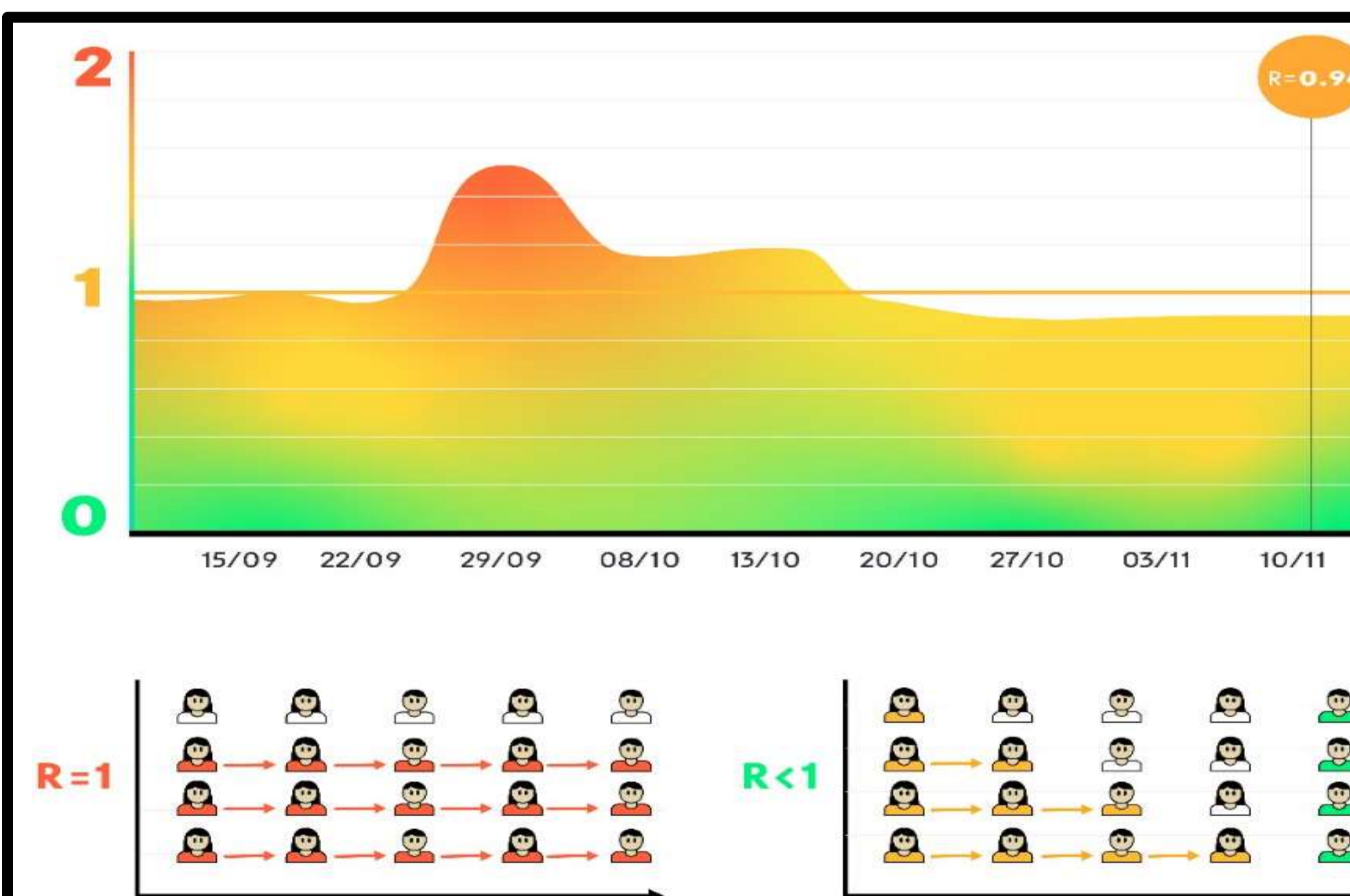


ככל שהצבע יותר כהה כך העלות נמוכה יותר, לכן ניתן להסיק כי לפי נתונים אלו כדאי לחסן כ-30 אחוז ולבדוק 90 אחוז (לפי אחוז השגיאה שלנו זה יוצא שנבדוק כל מי שבפוטנציאל לקבל חיסון).

$$\frac{\text{אחוז בדיקות}}{\text{אחוז אי שגיאה}} = \frac{30}{1 - 0.7} = \frac{30}{0.3} = 90$$

מונחים

מקדם ההדבקה האפקטיבי הוא קצב ההתרבות האפקטיבי של המחלה, ומייצג את מספר האנשים הממוצע שיידבקו במחלה מחולה אחד באופן ישיר. גורם משמעותי שמשפיע על מקדם ההדבקה הינו פרופורציית האנשים החסנים באוכלוסייה, הכוללת את האנשים המחוסנים והמחלימים.

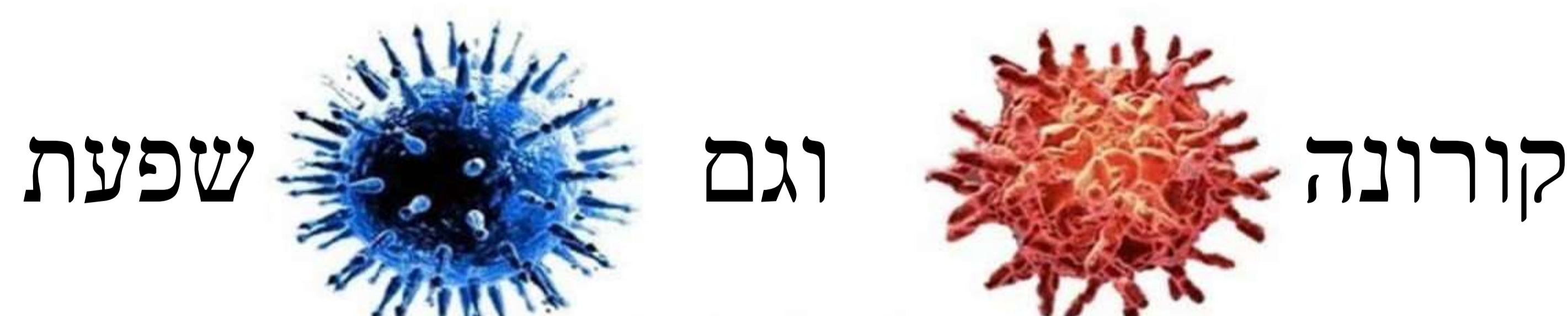


מקדם ההדבקה (R) של הקורונה בארץ והגעה לחסינות העדר כאשר מקדם ההדבקה יורד מתחת ל-1.

חסינות העדר הינה מצב בו פרופורציה מספיק גבוהה מהאוכלוסייה חסינה (כתוצאה מחיסונים או מחשיפה לנגיף), כך שמקדם ההדבקה האפקטיבי קטן מ-1. במצב זה התפשטות המחלה נבלמת ודועכת ואין צורך לחסן את שאר האוכלוסייה.

לסיים

- התוצאות האנליטיות שלנו מאוששות בצורה נומרית על ידי הגרף שבנינו, שבודק מה תהייה העלות בתנאי התחלה שונים. מצאנו כי לכל הנתונים שהצבנו במינימום של הפונקציה, כל אדם שאנחנו מחסנים אנחנו בהכרח בודקים קודם לכן.
- התוצאות שהתקבלו מהמחקר יכולות לשמש לניתוח מתודולוגיית החיסון האידאלית במגוון מחלות ויראליות כגון שפעת. זהו מחקר ייחודי בהיבט של שילוב המידע לגבי חיסון באוכלוסייה על ידי שימוש בבדיקות סרולוגיות.



מתחרים

זיו רויטמן

ביה"ס

תיכון אחד העם,

פתח תקווה

מורה מלווה

ד"ר עדית רון,

גב' מירית בראשי,

גב' דליה בן אסא

מנחה

מר תומר ברנדס,

ד"ר דן ימין,

אוניברסיטת תל אביב

הנחיה מטעם התחרות

מר דותן הלוי

