

דו"ח תרגיל בית 1 ביולוגיה חישובית

נתנאל לנדסמן 315873588

גל לוי 208540872

במשימה זו נדרשנו לבצע אנליזה על התפשטות שמועה, אשר מקורה באדם בודד, בקרב אוכלוסייה המונה מקסימום 10,000 אנשים כך שיש לנו באוכלוסייה "מספר היפר-פרמטרים", אשר מגדירים את תכונות האוכלוסייה, שאותם שינינו במהלך האנליזה על מנת להפיק את התוצאות המדויקות ביותר ואת המסקנות הנדרשות:

P - זהו פרמטר המבטא את צפיפות האוכלוסיה כלומר כמה מתוך 10,000 אנשים שיכולים לחיות באוכלוסיה, אכן חיים וקיימים בה.

לכל אדם באוכלוסייה יש רמת ספקנות לגבי השמועה שהוא מקבל:

אם אדם מקבל  
שמועה מלפחות 2  
שכנים שלו אזי רמת  
הספקנות שלו יורדת!

S1 – אדם שמאמין לכל דבר ו100 אחוז שיקבל את השמועה המועברת אליו

S2 – אדם שמאמין בסבירות של 67 אחוזים לשמועה.

S3 – אדם שיאמין בסבירות של 33 אחוז לשמועה המועברת אליו.

S4 – אדם שלא מאמין לשום דבר.

L – מספר הדורות שבמידה ואדם העביר שמועה, הוא לא יוכל שוב להעביר אותה.

### סעיף א':

ראשית בנינו את הקוד בשיטת מונחית עצמים (OOP) ותוך שימוש בספריות ה-GUI הבאות: `easygui`, `pygame`. כמו כן, הקוד מכיל 2 מודולים מרכזיים שמספקים את רוב תשתית העבודה וה-`workflow` של הקוד:

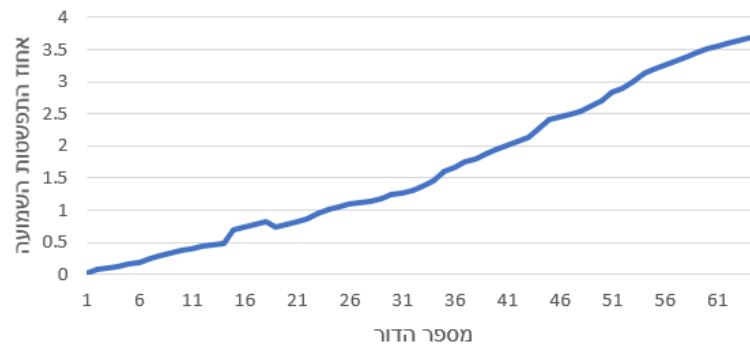
1. `Grid` - אנו יוצרים אובייקט בודד של המחלקה `Grid` שמתפקד כ"עולם". `Grid` תחילה השלב הראשון בשלב האתחול של `Grid` במתודה `Create Grid` הוא ליצור `Grid` המכיל בתוכו 10,000 עצמים מסוג `Cell` שמדמים את האנשים באוכלוסייה. `Cells` מתחלקים לסוגים S1, S2, S3, S4 בהתאם לקלט המשתמש ב-`main`. תפקיד `Grid` כאובייקט המחלקה הוא לנהל את תהליך הפצת השמועות באמצעות `Queue` שמכיל את האנשים שנחשפו לשמועה וכמו כן לבדוק תנאי התכנסות עבור המודל ולבצע הצגה של `Grid` ל-GUI.
2. `Cell` - כפי שצוין, `Cell` הוא המודול שמדמה את האדם הבודד באוכלוסייה ולכן קיימים 10,000 אובייקטים מסוג `Cell` באופן בו כל האובייקטים הללו מדמים את האוכלוסייה המצויה ב-`Grid`. במחלקת `Cell` יש אפשרות לקבל מידע אודות `Cell` הספציפי באמצעותו יוכל `Grid` לנהל את תהליך הפצת השמועות. בין היתר, המידע שניתן לקבל מאובייקט המחלקה הוא לדוגמא השכנים של `Cell` כלשהו ובדיקת מצבו של `Cell` ביחס לסטטוס קבלת השמועה. כמו כן האובייקט כולל מתודות שתפקידן לשנות את התנהגותו של האדם במידה והלוגיקה הופעלה. כך למשל יש אפשרות לשנות את סוגו את `Cell` במידה וקיבל שמועה משני שכניו או יותר, לקבל שמועה משכן ולהכיל עבור `Cell` דור חדש בהתאם לתנאי הלוגיקה המוכתבים.

### ערכי הפרמטרים S1\2\3\4:

בתחילת האנליזה החלטנו לשנות את ערכי S1\2\3\4 ולבדוק איך ערכים שונים משפיעים על קצב התפשטות השמועה בקרב האוכלוסייה, מתוך מחשבה שאם יש יותר אנשים המוכנים לקבל שמועה באחוזים גבוהים אז ודאי שקצב ההתפשטות יגדל בצורה ניכרת ומאידך אם יהיו יותר אנשים עם סבירות קבלת שמועה נמוכה אזי קצת ההתפשטות יקטן וזמן ההתפשטות יתארך.

גרף א:

פונקציה עבור:  $P=0.7$   $L=1$   
 $S1=0.1$   $S2=S3=0.2$   $S4=0.5$

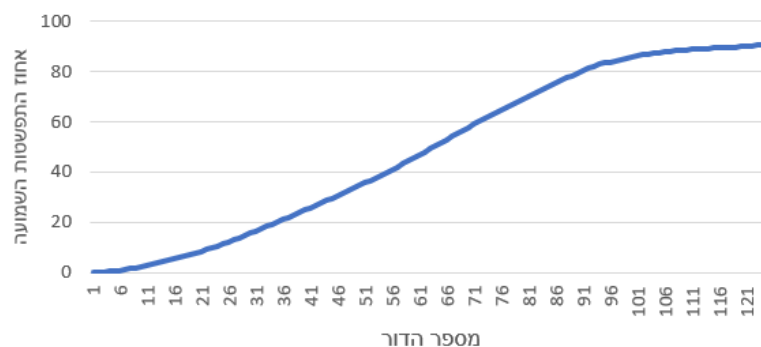


כפי שניתן לראות בגרף א' אכן המודל שלנו מצליח וככל שעובר הזמן יותר ויותר אנשים נחשפים לשמועה, אך אם נשים לב עבור הפרמטרים הנ"ל (המצוינים בכותרת הגרף), אשר מבטאים אוכלוסייה שרובה המוחלט אלו אנשים עם סבירות קבלת שמועה נמוכה מאד (אם בכלל), אנו מקבלים קצב התפשטות מאד נמוך שהרי במשך כ-65 דורות השמועה התפשטה רק 4 אחוז מהאוכלוסייה הכללית! ולא רק זה אלא גם הסיבה שהגרף לא ממשיך עד ל-100 אחוז (או אפילו להתקרב לכך) זה משום שההתפשטות השמועה מגיעה לקיצה בצורה מאד מהירה במודל זה, הואיל ובן אדם אשר כן מקבל שמועה בסבירות גבוהה מוקף סביב אנשים אשר לא מוכנים לקבל שמועה ולכן לא יגיע אליו השמועה וכך מהר מאד נוצר מצב שגם לאותם 4 אחוז שקיבלו את השמועה אין יכולת להעביר את השמועה הלאה לשאר חברי האוכלוסייה, אפילו אותם שמכנים לקבל את השמועה, הואיל והם המיעוט המוחלט במודל זה והם מוקפים באנשים שלא מוכנים לקבל שמועה.

לאחר שראינו מודל קיצוני זה, החלטנו לעשות את המודל הקיצוני בצד השני, ולקבוע פרמטרים  $S1=2/3$   $S2=1/4$  אשר יבוא וכלוסייה שרובה המוחלט מקבל שמעות בסבירות מרבית ואפילו ב-100 אחוז! ולהלן התוצאות:

פונקציה עבור:  $P=0.7$   $L=1$   
 $S1=0.5$   $S2=S3=0.2$   $S4=0.1$

גרף ב:

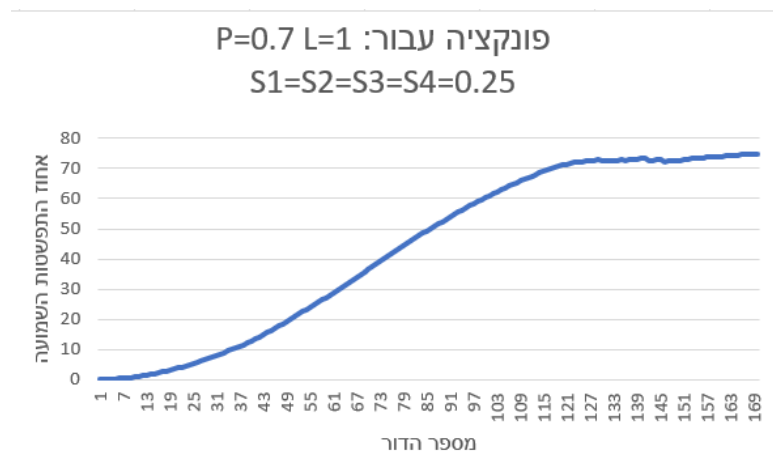


כפי שניתן לראות בגרף ב' אנחנו מקבלים מעין פונקציה **סיגמואידית** אשר מתאפיינת בעליה מתונה בתחילתה ובסופה ואילו באמצע ישנה עליה חדה, דבר זה מאפיין בצורה מיטיבית חברה שיש בה הפצת שמועה בקצב טוב "כאש בשדה קוצים". בהתחלה יש לנו אדם בודד עם שמועה אשר מפיץ אותו לשכניו אז כמובן בהתחלה נראה עליה מתונה באחוזי ההתפשטות, הואיל ומקור השמועה הוא אדם בודד. אך לאחר כמה דורות שכבר יש לנו התפשטות יפה בקרב האוכלוסייה אזי גם קצב ההתפשטות עולה בצורה חדה הואיל וכעת יש יותר ויותר "מוקדים" של תפוצת השמועה.

אז למה ברגע מסויים זה מגיע לרוויה? – הואיל ולאט לאט יש לנו יותר אנשים באוכלוסייה שכבר קיבלו את השמועה והואיל ומדובר באוכלוסייה סגורה (המכילה לכל היותר 10 אלף איש) אזי לקראת סוף ההתפשטות לאנשים כבר אין את מי "להדביק" בשמועה כי כל השכנים להם כבר מכירים את השמועה ולכן קצב ההתפשטות הולך ויורד לקראת סופו.

ולמה זה אחוז ההתפשטות לא מגיע ל-100? - הואיל ויש לנו היפר-פרמטר  $P$  אשר מגדיר חלק מהאוכלוסייה כלא קיימת. במקרה שלנו  $P = 0.7$  כלומר רק 7000 אנשים חיים לנו באוכלוסייה (אשר יכולה להכיל 10,000) ולכן ישנם מצבים של "איים" כלומר שיש מספר תאים בגרید הכלואים מסביב תאים שלא קיימים (ולפעמים יש איזה תא שקיים אך הוא בעל אחוז מאד נמוך של קבלת שמועה) ולאותם אנשים אין יכולת לשמועה להיכנס בתוכם. ולכן יש גבול מסוים להתפשטות השמועה - לא כולם יכולים לקבלה. סה"כ ראינו את הצד השני והקיצוני של התפשטות השמועה, צד מהיר, המכיל פרמטרים המגדירים אוכלוסייה שרובה המוחלט בעל סבירות מאד גבוהה לקבלת שמועה. ולכן מגיעים לאחוזי התפשטות גבוהים (כ-85 אחוז) ובזמן מהיר (כ-120 דורות)

עד כאן נפגשנו עם שני מודלים קיצוניים של התפשטות השמועה, אחד איטי מאד עד כדי כך שאפשר לומר שהשמועה בכלל לא מתפשטת והשני מתפשט מהר ולחלק די גדול מהאוכלוסייה. לכן ניסינו להריץ עם מודל "שיווינו" - כך שערכי  $S1 \setminus S2 \setminus S3 \setminus S4$  יקבלו ערכים שווים ולהלן התוצאות:

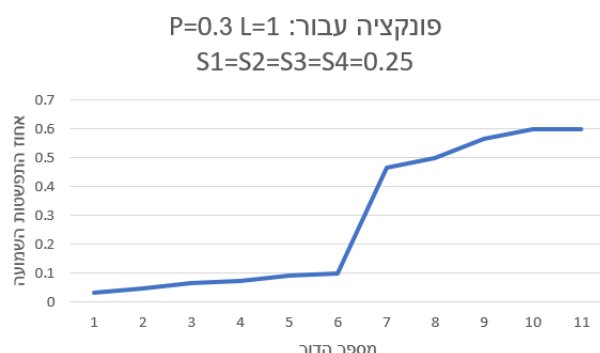


גרף ג':

גם פה ניתן לראות כמו הגרף הקודם עקומה סיגמואידית אשר משקפת התפשטות שמועה בתוך אוכלוסייה סגורה, כמו שהסברנו לעיל. אך נבחין שהואיל ונתנו משקל שווה באוכלוסייה לאנשים המקבלים שמועה בקלות ואנשים המקבלים שמועה בסבירות נמוכה, נוצרו לנו 2 הבדלים משמעותיים מהגרף הקודם:

- זמן ההתפשטות - בגרף זה אנו רואים שרק לאחר 170 דורות העקומה נעצרת ובעצם השמועה מפסיקה להתפשט באוכלוסייה ואנו מגיעים לאחוז ההתפשטות המקסימלי. ואילו בגרף הקודם קצב ההתפשטות היה מהיר בהרבה ואפילו לאחר 120 דורות קיבלנו התפשטות מקסימלית של השמועה.
- אחוזי ההתפשטות - פה אנו מגיעים 75 אחוז התפשטות כלומר רק 75 אחוז מתוך האוכלוסייה מקבלים את השמועה. בניגוד לגרף הקודם שבו קיבלנו 85 אחוזים. הבדל זה נעוץ בכך שבמודל זה יש יותר אנשים המקבלים שמועה בסבירות נמוכה מאשר המודל הקודם, מה שגורם לאנשים היכולים לקבל שמועה - לא לקבלה. הואיל והם מוקפים סביב שכנים שלא קיימים (תאים ריקים) או שלא מקבלים שמועה כלל.

אזי לכאורה קיבלנו שכדי למצוא קצב התפשטות "סביר" עלינו לבחור ערכי  $S1 \setminus S2 \setminus S3 \setminus S4$  אשר שווים בגודלם על מנת שמצד אחד השמועה אכן תתפשט ומאידך תעשה את זה בקצב לא מהיר מדי.



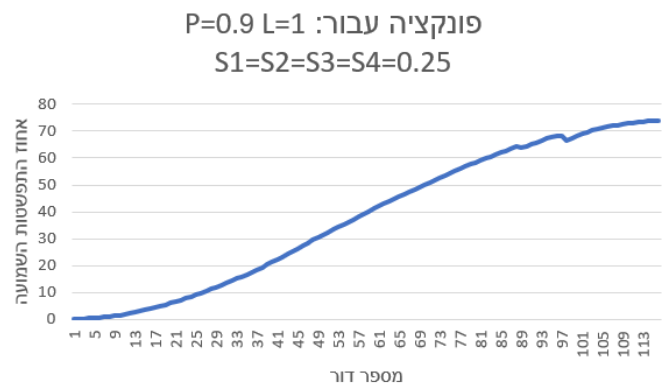
גרף ד':

### הפרמטר $P$ :

כמו שאמרנו,  $P$  מבטא את צפיפות האוכלוסייה, ולכן כפי שניתן לראות בגרף שמשמאל - כאשר נבחר  $P$  מאד נמוך (0.3) אזי קצב ההתפשטות יהיה כמעט אפסי, וזה מהסיבה הפשוטה שגם מי שרוצה לעביר את השמועה רוב הסיכויים שהוא יהיה מוקף בתאים ריקים אשר לא יאפשרו לו למעשה להעביר את השמועה לשכניו הואיל והם לא קיימים.

## גרף ה':

ומאידך, ניתן לראות בגרף מצד ימין שאם נבחר  $P$  גבוה (0.9) נקבל קצב התפשטות מאד גבוה שהרי ראינו בגרף ג, שכאשר  $S_1=S_2=S_3=S_4=0.25$  ו-  $P=0.7$  אזי נגיע לאחוז התפשטות של 75 לאחר כ-170 דורות ופה זה כבר קורה אפילו לאחר כ-115 דורות בלבד! דבר זה הגיוני הואיל וכמעט לא קיים במודל זה תאים ריקים אשר מונעים מאנשים להעביר את השמועה לשכן הבא, דבר שגורם לקצב ההתפשטות לא להיות תחת מגבלות ומניעים.

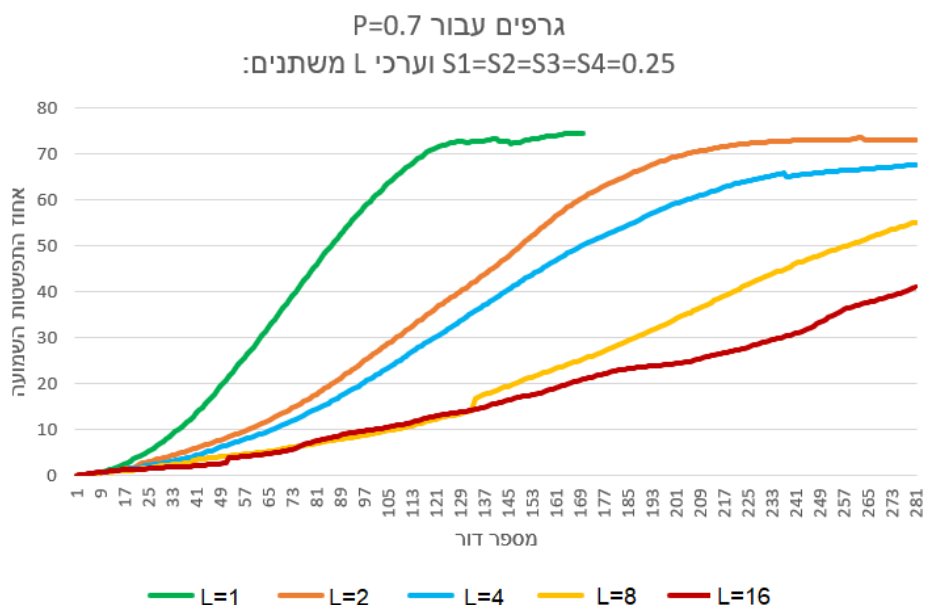


שני הגרפים הנ"ל הראו לנו תוצאות קצת קיצוניות אשר אנו רוצים להימנע מהם, מצד אחד קצב התפשטות אפסי וכמעט שאינו, ומאידך קצב מהיר "כאש בשדה קוצים". לכן נמשיך בבחירת הפרמטר איתו התחלנו את האנליזה והוא  $P = 0.7$ , אשר הוכיח לנו שהוא בקצב "סביר".

## הפרמטר L:

עד עכשיו האנליזה שלנו הייתה עם הערך  $L = 1$  כלומר שכאשר אדם מעביר שמועה באוכלוסייה הוא לא יכול להעביר אותה שוב בדור הבא, אך אחרי דור אחד למעשה הוא רשאי להמשיך להעביר את השמועה.

ביצענו סדרה של הרצות על מודלים שונים, אשר השוני הוא רק בערכי ה- $L$ . כל הערכים הם עם  $P = 0.7$  ועם  $S_1=S_2=S_3=S_4=0.25$  אשר כבר ראינו שאלו פרמטרים המביאים לתוצאות עם קצב התפשטות "סביר". ולהלן תוצאות האנליזה:



## גרף ו':

ניתן לראות מן הגרף המשולב הנ"ל בצורה די ברורה, שככל שנעלה את ערכו של  $L$  כך קצת התפשטות השמועה ילך וירד. שהרי במודל הירוק עבור  $L = 1$  אנו רואים שתוך **170** דורות אנו מגיעים לאחוז התפשטות הגבוה ביותר (אזור 75 אחוז) ואילו המודל הכתום של  $L = 2$  שלמעשה רק הגדלנו את זמן ההמתנה של מעביר שמועה ל-2 דורות (שבהם הוא לא יכול להעביר שמועה) וכבר ניתן לראות שאמנם בסופו של דבר גם מודל זה מגיע לאחוז התפשטות של 75 אחוז אך זה רק לאחר **280** דורות.. כלומר קצת ההתפשטות ירד כמעט ב-40 אחוז!

ואכן ככל שהמודל מכיל  $L$  עם ערך גבוה יותר רואים ירידה בקצב ההתפשטות עד שבמודל האדום של  $L = 16$  רואים שלאחר 280 דורות מגיעים רק לכ-40 אחוזי התפשטות השמועה (ירדנו כמעט בחצי..). נציין שכאשר הרצנו עם  $L = 20$  כבר לא קיבלנו שום תוצאה הואיל ולמעשה המודל לא הצליח כלל להפיץ את השמועה עם פרמטר זה.

לכן כדי לבחור מודל עם פרמטר אשר יגרום לקצב "סביר" נחליט לקחת את  $L = 4$  שכפי שניתן לראות בגרף הנ"ל הוא מהווה ממוצע בין המקרים ובין ערכי ה- $L$  השונים.

### לכן לסיכום:

לאחר ביצועי האנליזה בעמודים האחרונים החלטנו שכדי לקבל מודל עם קצב התפשטות שמועה "סביר" יש לקחת את הפרמטרים הבאים:

$$P=0.7, L=4, S1=S2=S3=S4=0.25$$

### סעיף ב':

עד עכשיו לא התייחסנו למיקומי האנשים על הגריד, ואכן זה התבצע באופן אקראי לאורך כל ההרצות. ועתה נציע אסטרטגיה אשר תמקם את האנשים השונים (לפי סוגיהם:  $S1 \setminus 2 \setminus 3 \setminus 4$ ) על הגריד באופן שמיקומם יגרום להגברת קצב התפשטות השמועה או לחילופין – הורדת הקצב.

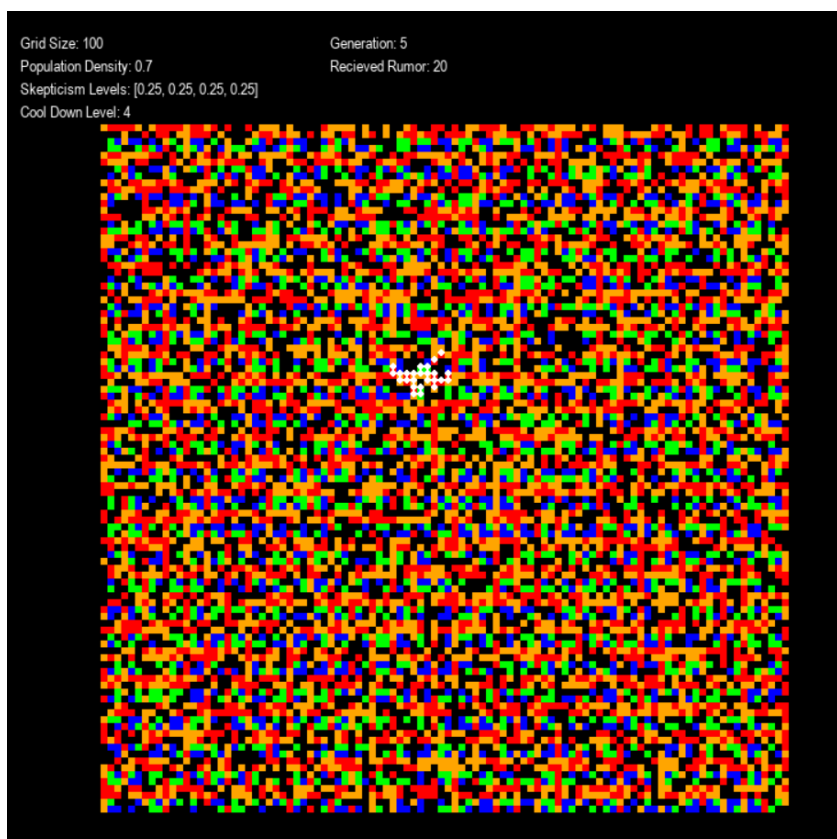
ראשית, נזכיר כי אנחנו עובדים עם הפרמטרים הבאים:  $P=0.7, L=4, S1=S2=S3=S4=0.25$  אשר הראינו בסעיף א' שהם מביאים את הגריד לקצב התפשטות "סביר".

על מנת להאיץ את התפשטות השמועה אנחנו חשבנו למקם את  $S1$  ואת  $S2$  (אשר שניהם עם סבירות מאד גבוהה ואף מוחלטת לקבל שמועה משכנם) בצורת "שתי וערב", מתוך מחשבה שזה ייצר מעין ריבועים הכולאים בתוכם את  $S3 \setminus 4$  ובכך גם הריבועים יפשיטו את השמועה עם עצמם (הואיל והן מחוברים אחד לשני) וגם הם יפיצו את השמועה בקרב  $S3 \setminus 4$  אשר כלואים בתוכם שהרי אמרנו בחוקי הגריד שאם שכן מקבל שמועה מ-2 שכנים סמוכים רמת הספקנות שלו יורדת, ובכך שהם יהיו מוקפים בשכנים עם קבלת שמועה מהירה ככל הנראה הם ינסו גם להעביר אליהם את השמועה מכל ארבעת רוחות השמיים.

מקרא: האדום זה  $S4$  והכתום זה  $S3$ . הכחול זה  $S2$  והירוק זה  $S1$ .

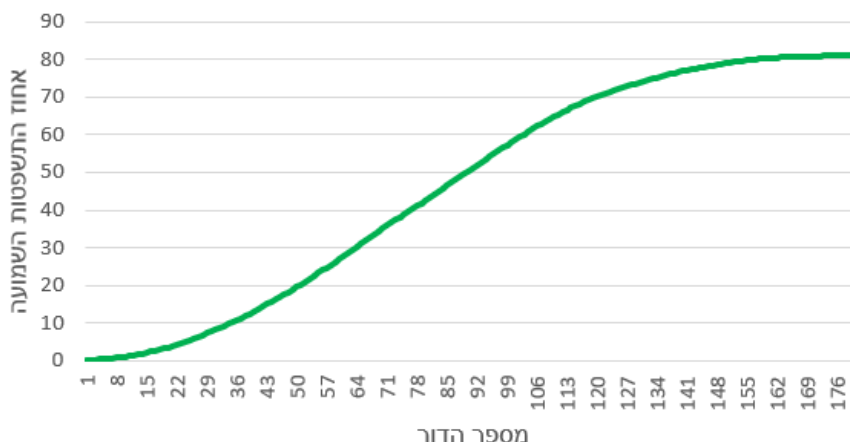
נציין כי על מנת לשמור על יחס שווה באוכלוסייה בין ארבעת סוגי האנשים ( $S1 \setminus 2 \setminus 3 \setminus 4$ ) יצרנו שתי וערב בצורה הבאה (כפי שניתן לראות בתמונה):

בשורות כל צמד שורות שמנו  $S1$  או  $S2$  ואז צמד שורות הבא שמנו  $S3$  או  $S4$  וכן הלאה. לדוגמא: בשורה 1,2 יש  $S1 \setminus 2$  בלבד. בשורה 3,4 יש  $S3 \setminus 4$  בלבד. בשורה 5,6 יש שוב  $S1 \setminus 2$  וכן הלאה. בטורים שמנו בכל טור שלישי רק  $S1 \setminus 2$  וביניהם יש רק  $S3 \setminus 4$ . בכך מצד אחד שמרנו שיהיה יחס שווה בין הסוגים ומאידך הצלחנו לייצר שתי וערב של  $S1 \setminus 2$  "הכולא" את  $S3 \setminus 4$ .



להלן תוצאות מודל המאיץ את קצב ההתפשטות:

S1 ו-S2 ב"שתי וערב":

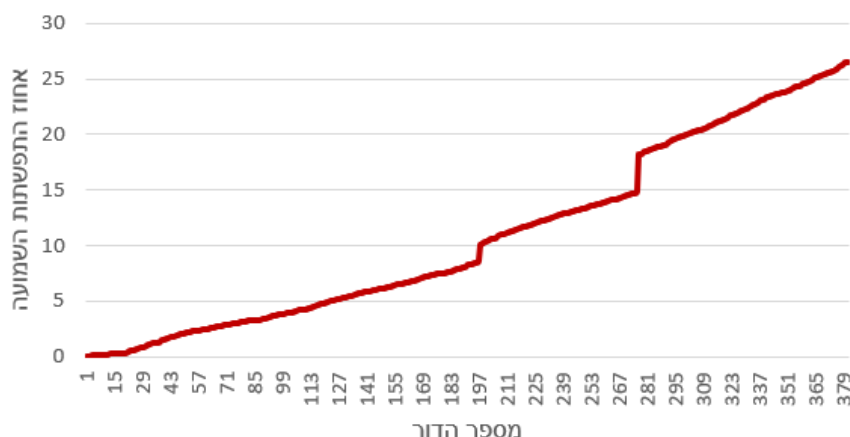


ניתן לראות בצורה יפה וברורה שיש לנו פה האצה משמעותית מהגרף של המודל הרנדומלי (עם אותם פרמטרים . גרף ו', המודל הכחול). שכזכור שם ראינו שרק לאחר **280** דורות הגענו לאחוז התפשטות של 75 אחוז, ואילו פה ב- **180** דורות כבר הגענו ליותר מ-80 אחוז התפשטות! לכן כבר ניתן לומר שהמחשבה שלנו אכן התאמתה ומיקום האוכלוסייה בצורה כזו שמפיצי השמועה "הקלים" יסגרו בריבוע את האנשים באוכלוסייה עם סבירות נמוכה להפצת שמועה, אכן גורמת להאצת השמועה.

ועתה רצינו לבדוק האם גם הפוך זה נכון, כלומר אם נשים את מפציצי השמועה "הקלים" בתוך ריבוע חוסם של אנשים עם סבירות מאד נמוכה להפצת שמועה, האם נראה האטה בקצב התפשטות השמועה?

להלן תוצאות מודל המעכב את קצב ההתפשטות:

S3 ו-S4 ב"שתי וערב":



ניתן לראות בגרף שלאחר **380** דורות אחוז ההתפשטות הגיע רק לכ-25 אחוז, בשונה מהמודל הרנדומלי שראינו בסעיף א' שהגיע עם אותם פרמטרים ב-280 דורות לפי 3 אחוזי התפשטות – 75 אחוז! כלומר אכן יש לנו פה האטה משמעותית של קצב ההתפשטות, וטוב לדעת שהאסטרטגיה שלנו נכונה לשני הכיוונים – הן כדי להאיץ את הקצב והן כדי להאט.