

## דו"ח תרגיל – ביולוגיה חישובית

ליאל גוטמן 206779829

יוסף פרלמן 206344814

### תיאור התרגיל:

- ישנו לוח בגודל  $100 \times 100$  שמדמה קבוצת אוכלוסייה. כמות האנשים בלוח נקבעת לפי הפרמטר P.
- האנשים מחולקים לארבעה סוגים שונים:
  - S1 – אנשים שמאמינים לכל שמועה
  - S2 – אנשים שבסיכוי של שני שליש יאמינו לשמועה
  - S3 – אנשים שבסיכוי של שליש יאמינו לשמועה
  - S4 – אנשים שלא יאמינו לשמועה כלל
- התהליך פועל כך: ראשית מגרילים אדם אקראי שמתחיל להפיץ שמועה. כל אדם בלוח שמקבל שמועה מחליט האם להעביר אותה לפי רמת הספקנות שלו. אם הוא מחליט להעביר, הוא מעביר אותה לכל שכניו. אם אדם מקבל באותו דור (כלומר באותו שלב) את השמועה משני שכנים ומעלה, רמת הספקנות שלו יורדת באותו שלב בדרגה אחת.
- מטרת התרגיל: לבדוק את קצב ההתפשטות של השמועות.
- כל ניסוי בתרגיל הורץ 10 פעמים כדי לקבל תוצאות כמה שיותר אמיתיות.

### סעיף א'

#### הפרמטרים:

1. L – כמה דורות אדם לא יעביר את שמועה שוב לאחר שכבר העביר אותה.
2. P – צפיפות האוכלוסייה, כלומר בכמה מתוך 10,000 התאים שיש בלוח מוצבים אנשים.
3. R – היחסים בין כמויות האנשים מכל סוג.

### ניסוי ראשון:

בניסוי הראשון קבענו ערכים שבאינטואיציה נראה שיובילו לקצב התפשטות יחסית גבוה כדי שנוכל לחוש את השטח. התחלנו עם קביעת הפרמטרים הבאים:

L – 3.

P – 0.95

R – אחיד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

התוצאות: כמו שצפינו – בכל הריצות השמועה התפזרה על כלל האוכלוסייה. ממוצע מספר הדורות שנדרשו לשמועה להתפזר על כולם הוא **116.7**.

ניסוי ראשון	P - 0.95	L - 3	אחיד - 25%																	
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ממוצע									
תפוצה מלאה	79	117	128	114	119	125	133	141	99	112	116.7									

### ניסוי שני:

השארנו את הפרמטרים כמו קודם ושינינו רק את צפיפות האוכלוסייה. הפרמטרים הפעם:

L – 3.

P – 0.5

R – אחיד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

התוצאות: כל הריצות נתקעו יחסית מהר, ועם אחוזי תפוצה מאוד נמוכים (מה שכתוב בטבלה עזירה הכוונה באיזה דור ההפצה נתקעה).

ניסוי שני	P - 0.5	L - 3	אחיד - 25%									
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ממוצע	
עזירה	5	3	3	14	3	11	4	3	25	9	8	
אחוזי תפוצה	0.54	0.1	0.12	1.11	0.8	0.39	0.26	0.16	1.49	0.71	0.568	

### ניסוי שלישי:

למדנו שצפיפות של 0.5 היא נמוכה מידי, לכן ננסה כעת עם צפיפות של 0.8, ונקטין את מספר הדורות שבהם אדם לא מעביר שמועה פעם נוספת ל-0, כלומר אדם לא יעשה הפסקה בין העברה של אותה שמועה פעמיים. הפרמטרים הפעם:

L – 0.

P – 0.8

R – אחיד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

התוצאות: גם כאן כל הריצות הגיעו בשלב מסוים לתפוצה מלאה. ממוצע מספר הדורות שנדרשו לשמועה להתפזר על כולם הוא **115.2**, תוצאה דומה ואף טובה יותר מכאשר צפיפות האוכלוסייה הייתה 0.95. המשמעות האפשרית היא שהפרמטר L הוא מאוד משמעותי. לשם כך נריץ ניסוי נוסף עם אותה צפיפות של 0.8, אבל הפעם עם הפרמטר L כ-3.

ניסוי שלישי	P - 0.95	L - 0	אחיד - 25%									
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ממוצע	
תפוצה מלאה	120	96	140	101	114	130	161	100	94	96	115.2	

### ניסוי רביעי:

בניסוי הקודם עלתה השערה שהפרמטר L משמעותי מאוד. כדי לבדוק זאת נריץ ניסוי עם L זהה לניסוי הראשון, אך עם P נמוך יותר. הפרמטרים:

L – 3.

P – 0.8

R – אחיד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

הגבלנו את מספר הדורות ל-200.

התוצאות: קצב ההתפשטות היה מעט איטי יותר, אך לא משמעותית. כמעט כל הריצות הגיעו ללמעלה מ-99.8% לאחר כ-155 ריצות בממוצע, למעט אחת חריגה שנתקעה על 0.63% תפוצה

ניסוי רביעי	P - 0.95	L - 3	אחיד - 25%									
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ממוצע	
תפוצה מלאה*	119	170	170	140	150	ללא	146	156	163	153	151.8889	

לאחר 36 דורות בלבד. אף אחת מהריצות לא הגיעה לתפוצה מושלמת של 100% לאחר 200 הדורות שהגבלנו אותן (כולן נתקעו באזור 99.8%-99.95%).

(\*לא מלאה לחלוטין, באזור 99.8%-99.95%)

## ניסוי חמישי:

הגענו למסקנה שצפיפות של 0.5 תביא לתפוצה נמוכה מאוד, ושההבדל בין ל של 0 ל-ל של 3 לא משמעותי במיוחד. נריך כעת ניסוי עם צפיפות של 0.65 ו-ל של 5, ונסה להגיע לתוצאות של קצב התפשטות "סביר". הפרמטרים:

.5 - L

 $0.65 - p$ 

R – אחד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

התוצאות: ברוב הריצות (למעט אחת) ההתפשטות נעצרה מאוד מהר. באחת שלא נעצרה (עצרנו אותה לאחר 450 דורות) קצב ההתקדמות היה איטי מאוד (פחות מעשירית האחוז בממוצע לדור).

								25% - אחד	L - 5	P - 0.65	ניסוי חמישי
ממוצע	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	מספר ריצה
67.2	39	62	11	15	450	33	15	16	26	5	עצירה
<b>9.536</b>	3.21	4.62	0.61	1.5	78.15	2.07	1.2	1.05	2.75	0.2	אחוזי תפוצה

## ניסוי שישי:

נמשיך בניסיונות להגיע לקצב התפשטות "סביר". הפרמטרים:

.4 - L

 $0.75 - p$ 

R – אחיד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

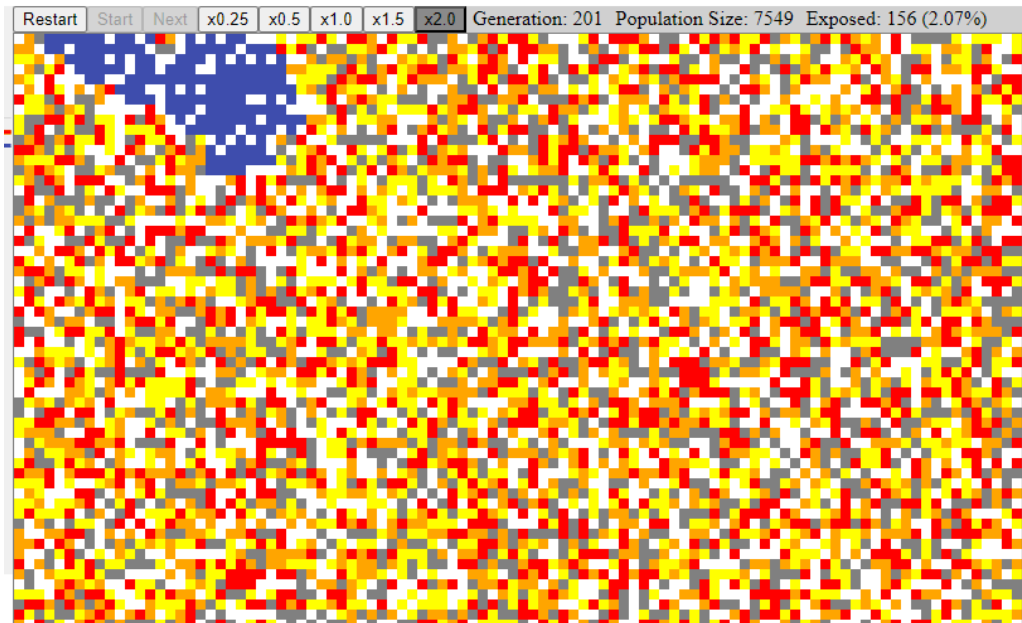
התוצאות: נראה כי מצאנו קצב התפשטות יחסית סביר. שתיים מהריצות נתקעו, שזה אחוז נמוך, והריצות שהשמעה בהן התפשטה באחוזים גבוהים עשו זאת בקצב איטי יותר ממה שראינו עד כה.

								25% - אחיד	L - 4	P - 0.75	ניסוי שישי
ממוצע	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	מספר ריצה
21.145	2.07%	33.04	21.92	21.33	9.95	0.7%	22.39	32.12	15.4	13.01	אחרי 50 דקות
65.1175	תפוצה	93.02	63.6	51.86	55.93	תפוצה	60.99	84.49	59.57	51.48	אחרי 100
93.53	לאחר 30	99	91.52	90.03	88.39	לאחר 12	94.45	99.1	96.11	89.64	אחרי 150
99.17625	דוחת	99.2	98.55	99.39	98.75	דוחת	99.53	99.35	99.16	99.48	אחרי 200

## מסקנות זמניות:

בצפיפות אוכלוסין שנמוכה מ-0.75% ישנם סיכויים גבוהים מאוד שהתפשטות השמועה תיעצר מאוד מהר. בצפיפות אוכלוסין שגבוהה מהמספר הזה ישנם סיכויים גבוהים שהשמועה תתפשט לרוב ככל האוכלוסייה. כאשר אדם יחכה כ-5 תורות לפני שהוא יפיץ את אותה שמועה פעם נוספת יש לכך השפעה גדולה על קצב ההתפשטות בכך שהוא מאט. כאשר אדם יחכה פחות מכך, נראה שקצב ההתפשטות יהיה די דומה בין הערכים השונים של מספר הדורות שהוא ימתין.

הערכה נוספת שעולה מהניסויים היא שככל שהאדם הראשון שמתחיל להפיץ את השמועה קרוב יותר לאחת מפונות הלוח אזי עולה הסיכוי שההפצה תיעצר. למשל התמונה הבאה מציגה את הריצה העשירית מהניסוי השישי. ניתן לראות שההפצה של השמועה מתרחשת קרוב לפינה, והיא הגיעה ל-2.07% אחוזי תפוצה לאחר 200 דורות. נראה שהסיבה לכך היא שכאשר מדובר באנשים שנמצאים בפינה יש להם פחות שכנים, וישנן פחות אפשרויות מסירה, מה שמגדיל את הסיכוי לכך שהשמועה תיעצר אצל אנשים מהסוג הלא מאמין:

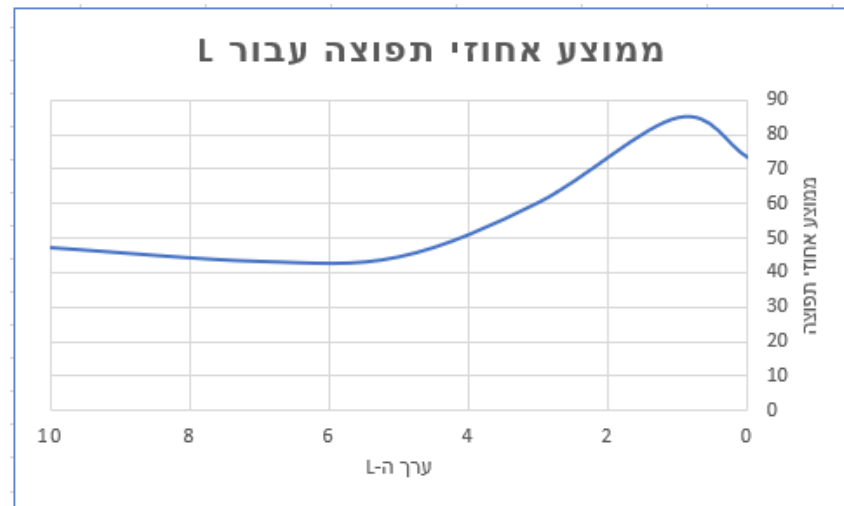


### ניסויי שביעי ושמיני:

קעת נבדד את הפרמטרים  $L$  ו- $P$  ונבחן אותם בצורה ספציפית. בשני הניסויים  $R$  אחיד, כ-25% לכל קבוצה כמו בניסויים הקודמים.

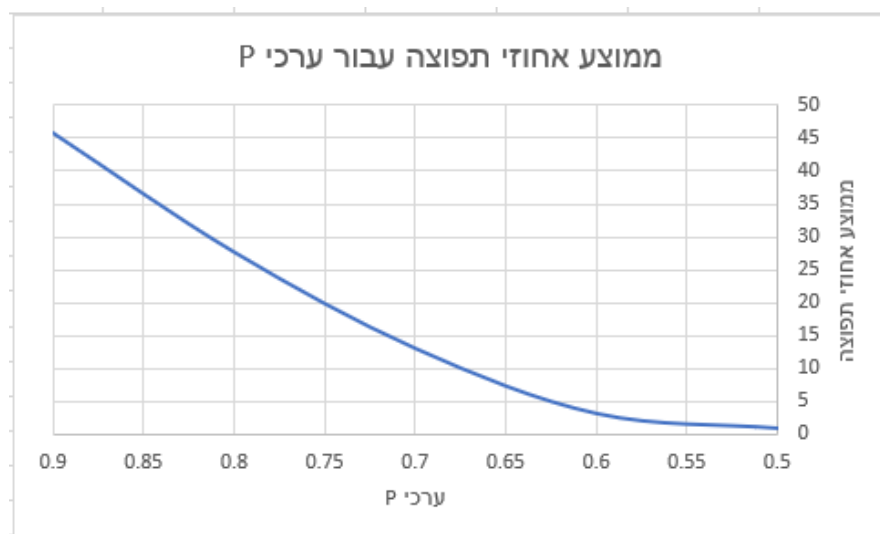
בניסוי השביעי כל ריצה נמשכה 100 דורות וצפיפות האוכלוסייה קבועה על 0.75. כל תת ניסוי בחן ערך  $L$  אחר, ובכל תת ניסוי התבצעו 10 ריצות. להלן התוצאות של אחוזי התפוצה:

					$P = 0.75$	100 generations	ניסוי 7
$L = 10$	$L = 7$	$L = 5$	$L = 3$	$L = 1$	$L = 0$		מספר ריצה
35.87	43.54	44.67	92.76	99.55	92.01		1
49.62	63.1	28.64	0.11	80.7	82.54		2
2.97	29.44	27.48	98.66	87.99	90.64		3
72.5	44.3	1.48	52.76	61.55	78.23		4
0.16	0.16	80.05	0.33	89.3	91.34		5
70.45	0.68	36.24	83.64	83.9	97.59		6
53.76	68.17	92.69	61.21	87.07	99.84		7
60.8	77.92	33.93	79.33	97.87	99.15		8
66.34	30.3	32.89	70.04	89.49	0.07		9
59.3	74.4	67.1	63.37	69.81	0.12		10
<b>47.177</b>	<b>43.201</b>	<b>44.517</b>	<b>60.221</b>	<b>84.723</b>	<b>73.153</b>		<b>ממוצע</b>



בניסוי השמיני כל ריצה נמשכה 50 דורות וערך ה-L קבוע על 4. כל תת ניסוי בחן ערך P אחר, ובכל תת ניסוי התבצעו 10 ריצות. להלן התוצאות של אחוזי התפוצה:

		L = 4		50 generations	ניסוי 7
0 = 0.5	P = 0.6	P = 0.7	P = 0.8	P = 0.9	מספר ריצה
0.22	1.7	14.29	26.5	41.83	1
3.54	0.82	0.5	14.24	37.88	2
0.35	0.33	17.21	32.45	56.64	3
0.16	1.38	0.27	33.04	31.34	4
1.12	2.5	12.56	34.3	57.23	5
0.2	4.6	25.9	16.86	32.17	6
0.08	7.17	14.2	35.67	46.53	7
0.3	1.27	7.94	40.62	35.45	8
1.3	6.14	25.35	10.77	52.39	9
1.06	4.75	11.59	32.21	66.85	10
<b>0.833</b>	<b>3.066</b>	<b>12.981</b>	<b>27.666</b>	<b>45.831</b>	<b>ממוצע</b>



הניסויים הנ"ל מאששים את המסקנה שלנו שהערכים  $L = 4$  ו-  $P = 0.75$  יתנו קצב תפוצה סביר.

### ניסוי תשיעי:

בניסויים הבאים נבחן פרמטר שלא בחנו עד עכשיו: החלוקה הפנימית בין הקבוצות.

נקבע את הפרמטרים הבאים:

$$L = 4$$

$$P = 0.75$$

נזכיר שבניסוי השישי בדקנו את הפרמטרים הנ"ל וחלוקה אחידה בין הקבוצות, ואלו היו התוצאות של אחוזי התפוצה לאחר 50 דורות:

אחז' 50 דורות	13.01	15.4	32.12	22.39	0.7%	9.95	21.33	21.92	33.04	2.07%	21.145
---------------	-------	------	-------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------	--------

בניסויים הבאים נבדוק את אחוזי התפוצה על הפרמטרים הנ"ל לאחר 50 דורות, אך עם חלוקה פנימית שונה בין הקבוצות.

בניסוי התשיעי החלוקה בין הקבוצות תהיה כדלקמן:

$$R = S1 - 40\%, S4 - 40\%, S2 - 10\%, S3 - 10\%$$

ולהלן התוצאות:

ניסוי תשיעי	P - 0.75	L - 4	S1 - 40%	S2 - 10%	S3 - 10%	S4 - 40%	7	8	9	10	ממוצע
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
אחוזי תפוצה	13.57	13.75	16.66	20.11	3.25	24.3	24.6	7.12	0.79	17.34	14.149

ניתן לראות שהתוצאה נמוכה מהתוצאה בחלוקה האחידה, כלומר הכוח של קבוצת ה"לא מאמינים" גבר על כוחה של קבוצת ה"מאמינים תמיד".

### ניסוי עשירי:

בניסוי העשירי החלוקה בין הקבוצות תהיה כדלקמן:

$$R = S1 - 10\%, S4 - 10\%, S2 - 40\%, S3 - 40\%$$

המשמעות: הקטנו את כוחן של הקבוצות הקיצוניות – ה"לא מאמינים" וה"מאמינים תמיד", והגברנו את כוחן של הקבוצות הסקפטיות שבאמצע. להלן התוצאות:

					S4 - 10%	S3 - 40%	S2 - 40%	S1 - 10%	L - 4	P - 0.75	ניסוי עשירי
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ממוצע
אחוזי תפוצה	29.4	29.94	43.35	47.17	43.77	15.16	31.06	30.49	23.94	30.6	32.488

ניתן לראות שהתוצאה די גבוהה. המשמעות היא שכאשר ישנם הרבה אנשים שמפקקים בשמועה אבל כן פתוחים לשמוע באחוז מסוים, ישנם סיכויים גבוהים שהשמועה כן תופץ בסופו של דבר.

### ניסוי אחד-עשר:

בניסוי האחד-עשר החלוקה בין הקבוצות תהיה כדלקמן:

$$R = S1 - 10\%, S2 - 20\%, S3 - 30\%, S4 - 40\%$$

כלומר – החלוקה היא בסדר עולה מהמאמינים ביותר למאמינים פחות. כצפוי, התוצאות שהתקבלו היו די נמוכות:

ניסוי אחד-עשר	P - 0.75	L - 4	S1 - 10%	S2 - 20%	S3 - 30%	S4 - 40%					
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	מוצע
אחוזי תפוצה	0.01	0.8	0.84	0.72	0.08	0.47	0.17	0.29	1.97	0.9	0.625

## ניסוי שניים-עשר:

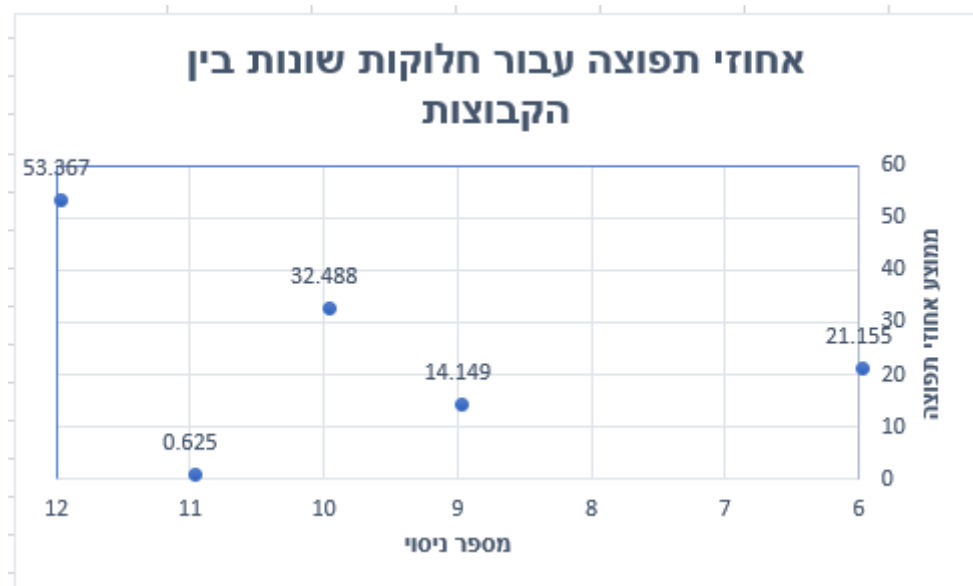
בניסוי השניים-עשר החלוקה בין הקבוצות תהיה כדלקמן:

S4 - 10%, S3 - 20%, S2 - 30%, S1 - 40% – R

כלומר – החלוקה היא בסדר יורד מהמאמינים ביותר למאמינים פחות. כצפוי, התוצאות שהתקבלו היו די גבוהות:

ניסוי שניים-עשר	P - 0.75	L - 4	S1 - 40%	S2 - 30%	S3 - 20%	S4 - 10%					
מספר ריצה	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	מוצע
אחוזי תפוצה	64.53	64.81	74.22	28.36	57.37	44.59	50.57	37.02	47.63	64.57	53.367

קיבלנו בסופו של דבר שהתפוצה הכי מאוזנת הייתה כאשר החלוקה בין הקבוצות הייתה מאוזנת:



## מסקנות סופיות:

הפרמטרים המומלצים לתפוצת השמועה בקצב סביר הם:

$$L - 4.$$

$$P - 0.75$$

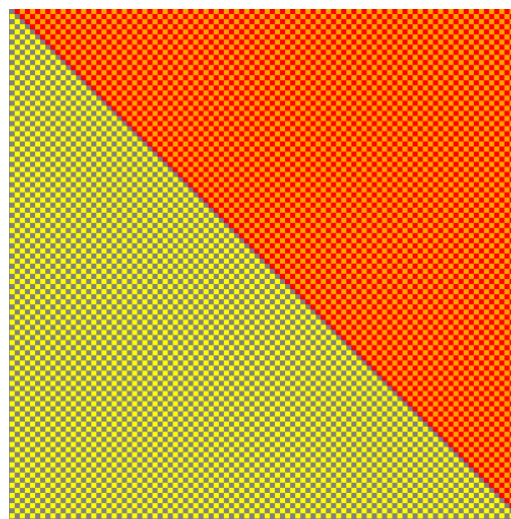
R – אחד, כ-25% לכל קבוצה באוכלוסייה.

לפרמטר L כאשר נותנים ערך גבוה יותר (כלומר גדול מ-4) אין השפעה משמעותית במיוחד (בערכים הקרובים ל-4, לפחות עד 10), אבל אם נותנים ערכים נמוכים יותר מ-4 נראה השפעה די משמעותית שתאיץ את התפוצה.

הפרמטר P די רגיש וכל שינוי שלו לכאן ולכאן ישפיע אל מהירות התפוצה. צפיפות אוכלוסייה של 0.6 ומטה תוריד משמעותית את התפוצה עד כדי 0.

## סעיף ב'

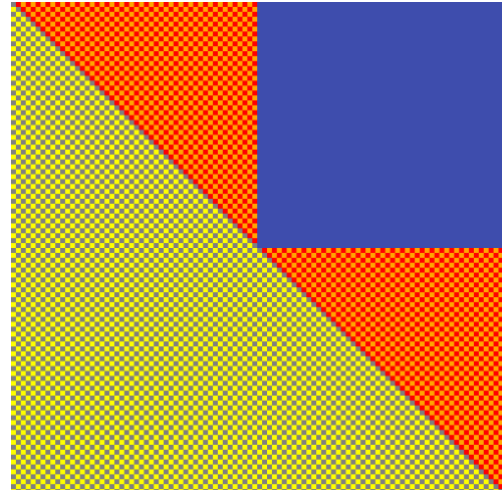
האסטרטגיה אותה בחרנו לממש עבור מיקום האנשים מכל סוג על מנת לשנות את התנהגות הרשת באופן משמעותי היא חלוקה של הגרید לשני חלקים כפי שניתן לראות בתמונה:



חלק אחד כולל רק אנשים מסוג S1, S2, בעוד שחלק שני כולל רק אנשים מסוג S3, S4. (כל חלק כולל כמות דומה של אנשים משני הסוגים שמפוזרים לסירוגין בצורה קבועה). הפצת השמועה מתחילה מהמשבצת הימנית העליונה ביותר. הרצנו את הסימולציה במצב זה עם פרמטרים  $L=1$ ,  $P=1$ . לאחר הרצת הסימולציה עבור מצב הגרید הנ"ל, ניתן לשים לב כי בחלק הכולל את S1, S2 השמועה מתפשטת מהר מאוד, בעוד שבחלק הכולל את S3, S4 השמועה מתפשטת לאט מאוד.

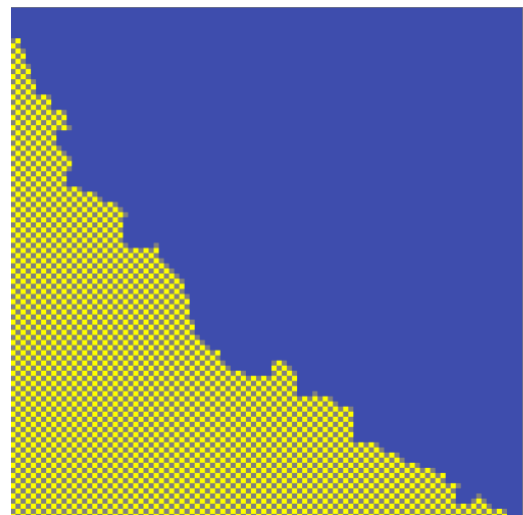


להלן מצב הרשת בדור 49:



תור פחות מ-50 דורות השמועה הגיעה לרבע מהגרید, שהוא כחצי מהחלק הכולל את S1, S2. השמועה גם מתפשטת בצורה "ריבועית" וקבועה בגלל הודאות בהפצת השמועה על ידי אנשים מסוג S1.

להלן המצב בדור 100:

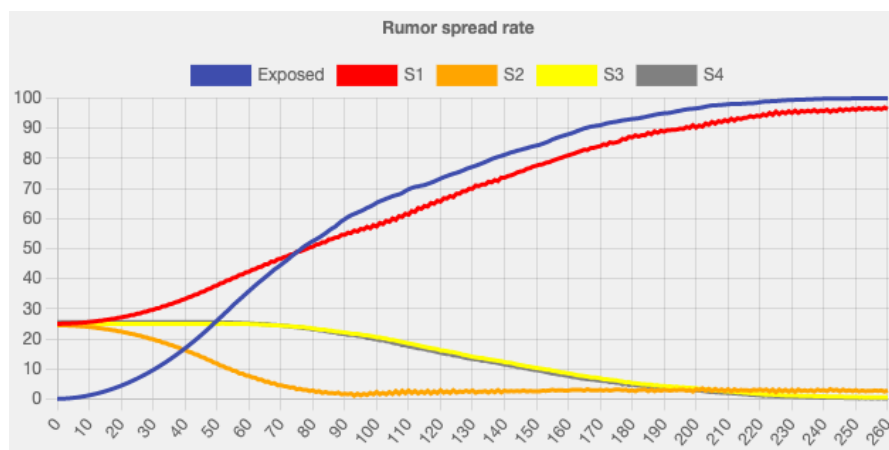


השמועה כבר התחילה להיות מופצת בחלק התחתון הכולל את S3, S4, אך היא מתקדמת מאוד לאט בחלק זה בעוד שהיא כבר הגיעה לכל האנשים מסוג S1, S4.

להלן המצב בדור 200:



לאחר כמות גדולה של דורות עדיין לא הגיעה השמועה ל-100% מהאוכלוסייה. רק בדור 260 השמועה הגיעה לכלל האוכלוסייה.



זהו הבדל משמעותי מההתנהגות בפיזור אקראי של אנשים, כיוון שבצד אחד יש ריכוז גדול של אנשים שמאמינים בקלות לשמועות, ובצד שני אנשים שלא מאמינים בקלות לשמועות. כאשר סוגי האנשים הללו מרוכזים ביחד ניתן לראות שינויים דרסטיים (לשני הכיוונים) בקצב ההתפשטות.