

אוטומטים תאיים בימי הקורונה

תמיר שמואלי

אוניברסיטת בר אילן

רשימת נושאים

1. פסקה ראשונה: נממש את המערכת ונחקור את מספר התאים הנדבקים לאורך זמן כפונקציה של מספר היצורים במערכת N ושל P ההסתברות להדבקה בכל מגע.
2. פסקה שנייה: נממש מדיניות של בידוד, נחליט שתא ידביק תא אחר רק אם הוא נמצא בתאים מסוימים מתוך שמונת התאים המקיפים אותו, מספר התאים שמונע הדבקה יהיה פרמטר שיקרא K .

הערות אישיות:

*לרגע חשבתי לכתוב את ההדמיה עצמה בפיתון טהור, עם מטפלוטליב ככלי הדמיה. עם זאת עבור אוכלוסיות גדולות שיש אינטראקציה, חישובי חובה נדרשים במהירות. מהירות מופרזת פירושה הקטנת הפעולות לחישובי וקטור ומטריצה, דבר שניתן לעשות ביעילות רבה באמצעות NumPy

**מלבד זאת, עבדתי הרבה עם NumPy אך הרגשתי שיש עוד הרבה מה ללמוד, כך שהאתגר הפך: לבנות סימולציה כזו ולשפר אותה בעזרת NumPy בלבד לצורך החישובים.

תקציר

בתרגיל זה נחקור את ההתפשטות של נגיף הקורונה, לצורך כך ניעזר באוטומט 200×200 בעל N יצורים. כל אחד מהיוצרים מוגרל להיות נגוע בקורונה היצורים נעים באופן רנדומלי, בכל דור כל יצור יכול לעבור לאחד משמונת התאים המקיפים אותו או לבחור להישאר במקום עבור בהסתברות שווה לכל אחת מ-9 האפשרויות האלה. (יכול לנוע ל-8 תאים או להישאר במקום). ניישם מנגנון שימנע משני תאים לאכלס אותו תא. כאשר תא נגוע נמצא בשכונת תא לא נגוע,

אוטומטים תאיים בימי הקורונה

מטרות הניסוי: נחפש את ה- K המינימלי שמאפשר בידוד מספיק כלומר מהו ה- K הקטן ביותר שבו קצב ההתפשטות הוא קטן ועולה באיטיות, כלומר מראה גדילה לינארית ולא אקספוננציאלית.

מהלך הניסוי

בשלב הראשון בניתי הדמיה של אוכלוסייה של אנשים אשר נעים באופן אקראי. האנשים נשארים בגבולות העולם ובכל שלב יש סיכוי של 2% שהם ישנו את הכיוון והמהירות. יש סיכוי של 3% לחלות כשמתקרבים לאדם נגוע, וסיכוי של 2% לסיום קטלני.

נדמה בידוד ברגע ש 5% מהאוכלוסייה נגועים. כדי לדמות זאת, אנו נגרום ל - 90% מהאנשים להפסיק לנוע לאחר הבידוד, 10% הנותרים יעברו במהירות מופחתת משמעותית כדי לדמות אותם להיות זהירים יותר. 10% אלה מייצגים את המקצועות אשר נחשבים קריטיים לחברה: האנשים האלה עדיין יהיו בתנועה ובקשר עם אנשים אחרים אפילו בבידוד. חלק אחר של 10% נובע מאנשים שכן הם אנשים, כלומר שום נעילה לא תהיה מושלמת שכן תמיד יהיו כאלה ששוברים את ההסגר.

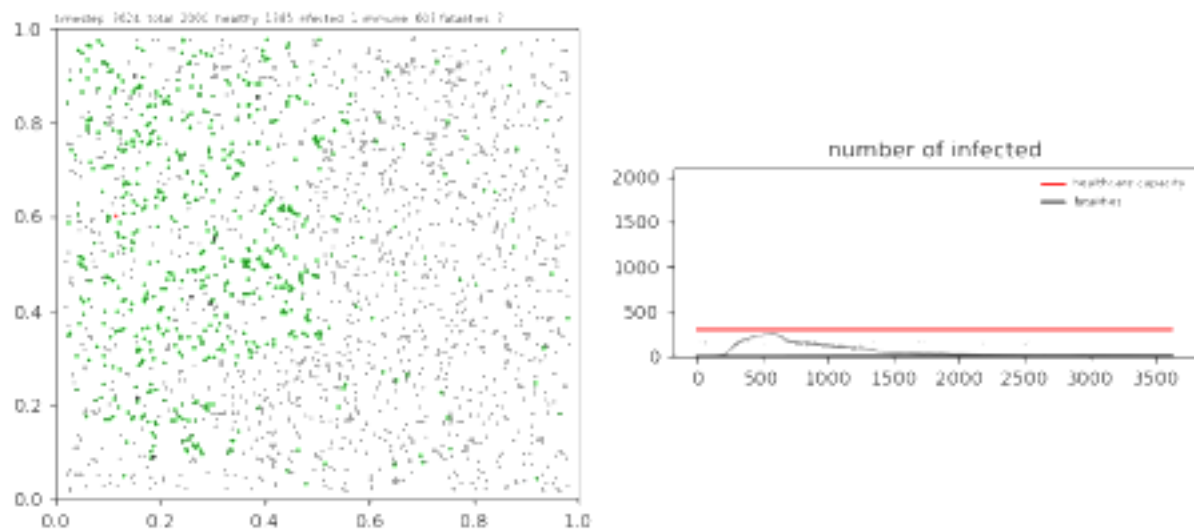
המקרה עבור התנהגות רגילה של אנשים

ראה את `simulation.py` לקבלת הקוד והפרמטרים הניתנים להגדרה.

ריצת ההדמיה הראשונה מציגה אוכלוסייה שפשוט ממשיכה לעשות את הדבר הרגיל שלהם ולהתנועע.

כפי שאתה יכול לראות בסימולציה שעדיין למטה, מערכת הבריאות הופכת להיות משותקת לחלוטין, מה שמוביל ל

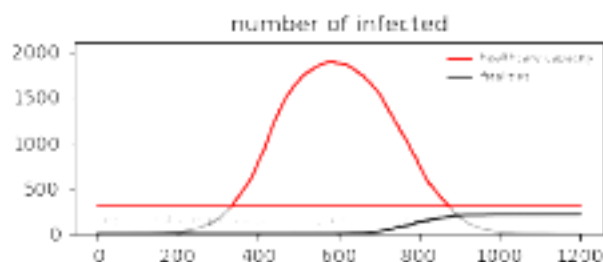
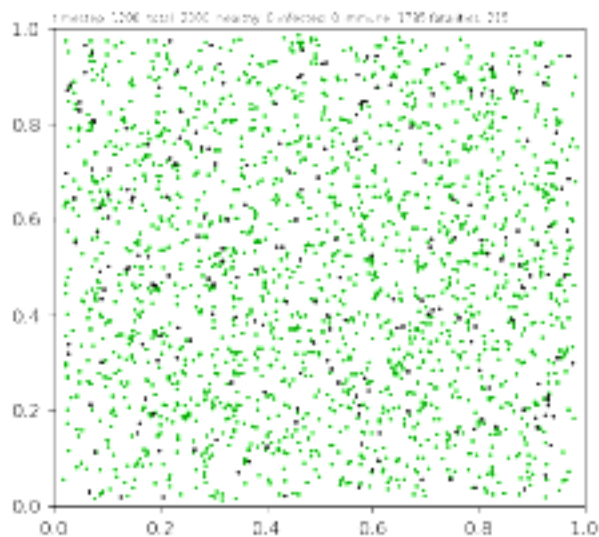
215 הרוגים (10.75% מהאוכלוסייה).



המקרה אינטרקציה מופחתת

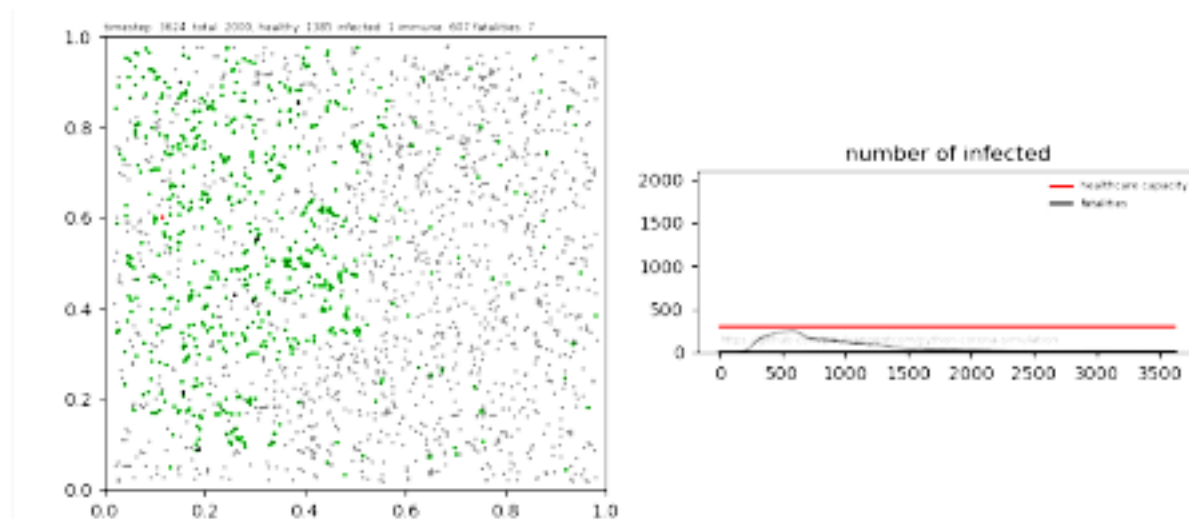
לסימולציה השנייה יש את אותן הגדרות, אך כדי לדמות אנשים השוהים בבית בכל הזדמנות אפשרית ורק יוצאים כשהם צריכים, המוביליות מצטמצמת מאוד.

כפי שניתן לראות בסימולציה זו, בעוד שבשלב כלשהו הועמסו יתר על המידה על יכולת הבריאות, ההשפעות על התמותה נותרות נמוכות ב 58 סיומות קטלניות בטווח זה (2.9%). זה כמעט 4 הרוגים פחות.



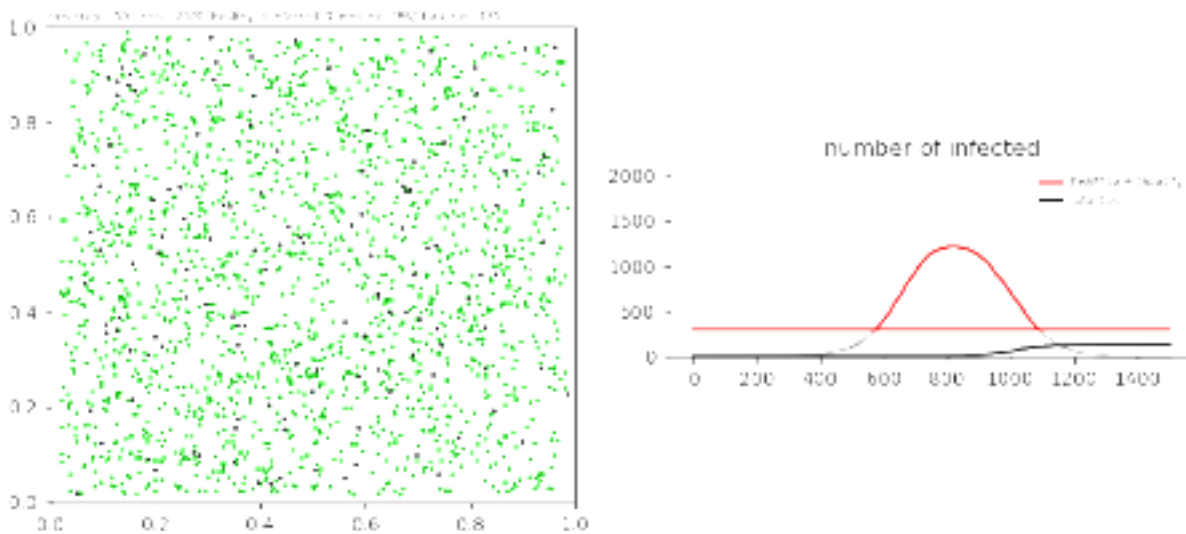
במקרה של נעילה

בואו נדמה נעילה ברגע ש 5% מהאוכלוסייה נגועים. כדי לדמות זאת, אנו נגרום ל-90% מהאנשים להפסיק לנוע לאחר נעול, 10% הנותרים יעברו במהירות מופחתת משמעותית כדי לדמות אותם להיות זהירים יותר. 10% אלה מייצגים את המקצועות שנחשבים קריטיים לחברה: האנשים האלה עדיין יהיו בתנועה ובקשר עם אנשים אחרים אפילו במנעול. חלק אחר של 10% נובע מאנשים שהם אנשים, כלומר שום נעילה לא תהיה מושלמת שכן תמיד יהיו כאלה ששוכרים את ההסגר. לחץ על התמונה לצפייה בסרטון הווידאו.



שימו לב כי לאחר הנעילה מספר הזיהומים עדיין עולה במשך זמן מה. זה קורה מכיוון שחלק מהאנשים הבריאים יינעלו באותו בית עם אנשים נגועים, וכך יידבקו במהירות יחסית. אם אחד מבני האוכלוסייה המרגשת (אולי איש דואר או מישור שמספק מצרכים) מדביק את אחד מקבוצת האנשים הכלואים יחד, המחלה עלולה להתפשט. זה מוביל להתפרצויות קטנות ומבודדות, שמכילות היטב את הנעילה.

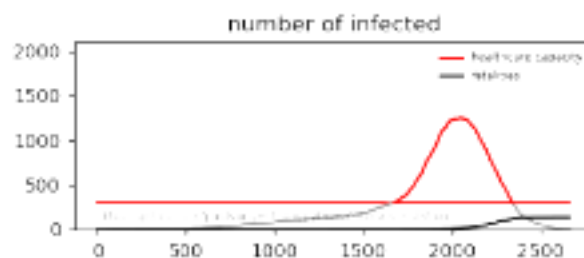
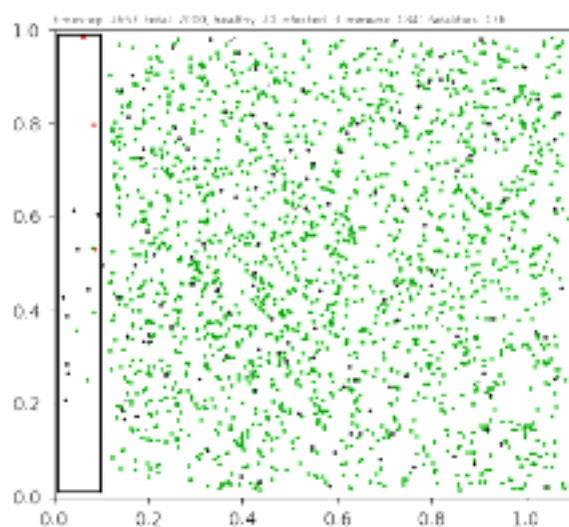
עם זאת, אם הושבת הנעילה ומוצג מקרה חדש, נוצר במהירות מצב קטלני אם לא ננקטים אמצעים מתאימים:



המקרה 'בידוד עצמי'

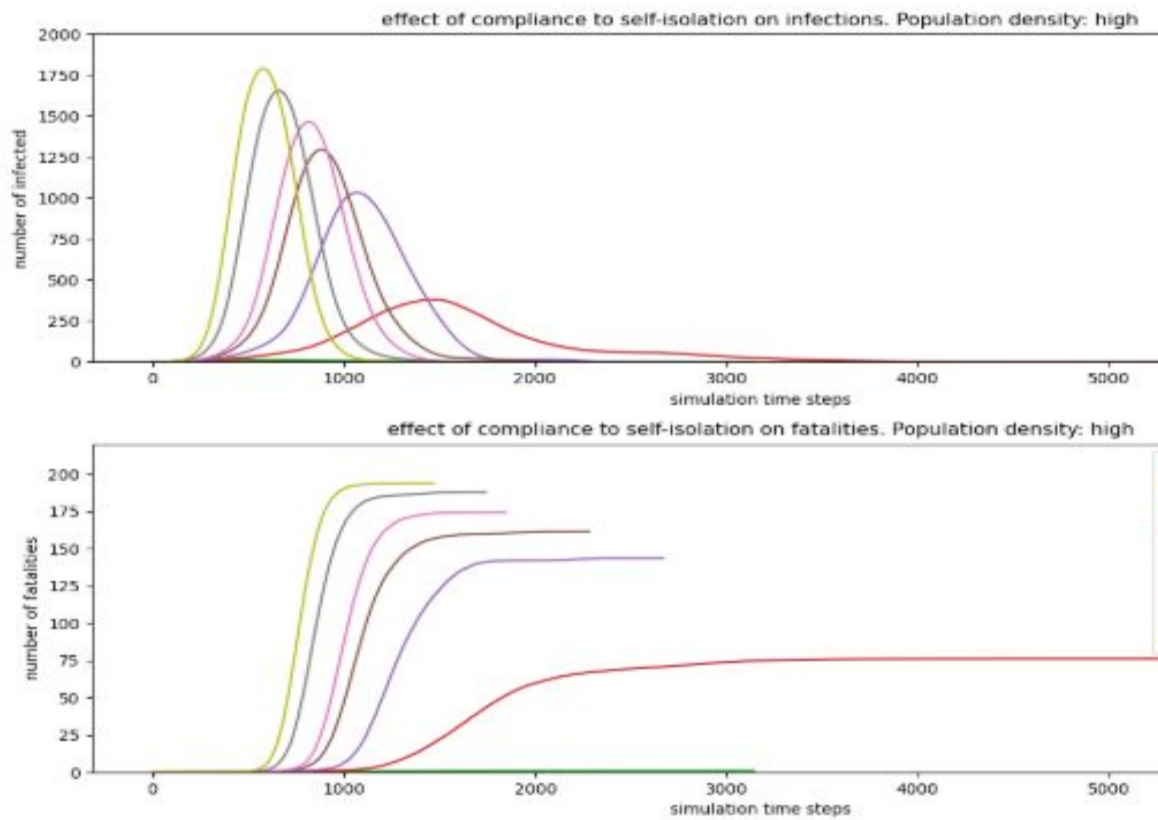
גישה נוספת היא בידוד עצמי: הנחיית אנשים הסובלים מתסמינים להישאר בבית. זו הייתה הגישה הראשונית שממשלת הולנד נקטה והיא הגישה במדינות רבות שאינן כלולות. עד כמה מידה כזו אפקטיבית, במיוחד בהתחשב בכך שלא כולם ילכו (או יכולים) לעקוב אחריה? מסתבר שאנשים יכולים להיות זיהומיים לאחרים מבלי להפגין תסמינים, מה שמסבך עוד יותר את התרחיש 'להישאר בבית אם אתה מרגיש לא טוב'.

בסימולציה, אנשים הנגועים יתבודדו באופן עצמאי. הנוסעים לאזור הבידוד אינם יכולים להדביק אחרים לאחר מכן, כדי לדמות כי אנשים אלה מודעים לזיהום שלהם ויקפשו אמצעי זהירות שלא להדביק אחרים.

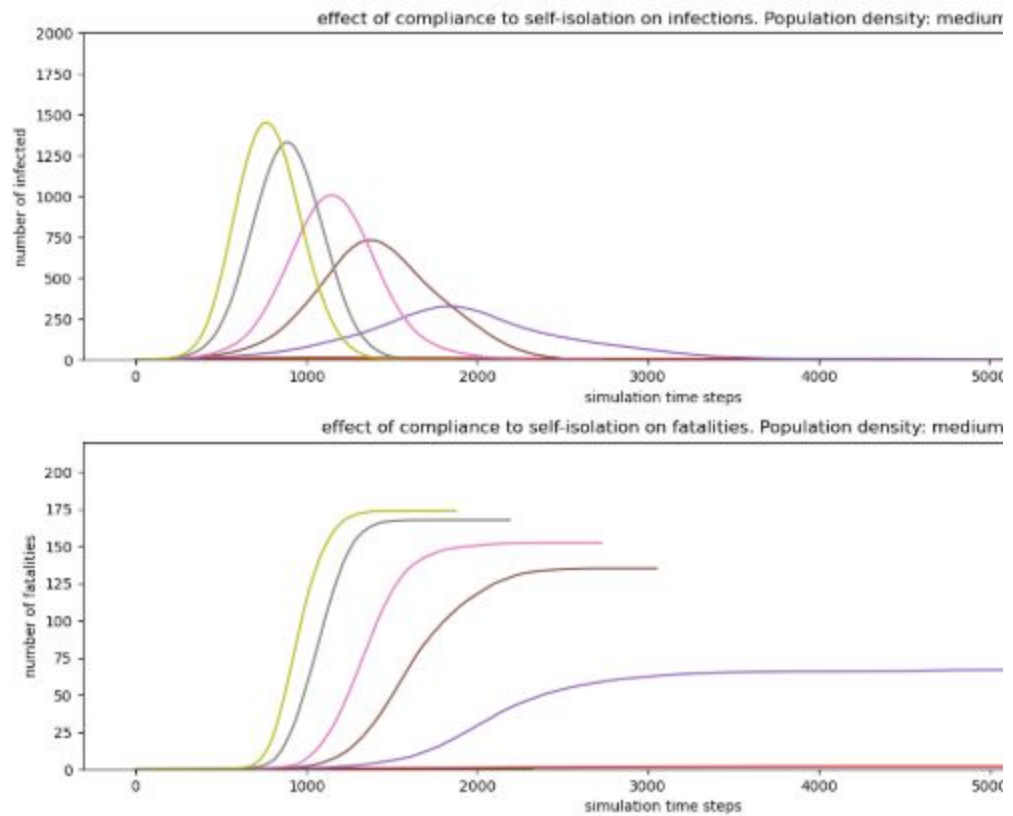


בידוד עצמי בפרטי

התמונה כאן מורכבת יותר, שכן לגורמים כמו צפיפות אוכלוסין ואחוז האנשים ששוברים את ההסגר הרצוני יש השפעה רבה. בואו להריץ את הסימולציה עם שלוש צפיפות אוכלוסין ('גבוה': 2000 אנשים באזור 1x1, 'בינוני': 2000 אנשים על שטח 1.5x1.5, ו'נמוך': 2000 אנשים באזור 2x2), ובואו נדמה אחרת אחוזי ציות. מכיוון שהמצב מבוסס על אקראיות, בואו נעשה סימולציה של מונטה קרלו עם 100 איטרציות לכל הגדרה, כך שנוכל להיות בטוחים בהערכות שלנו



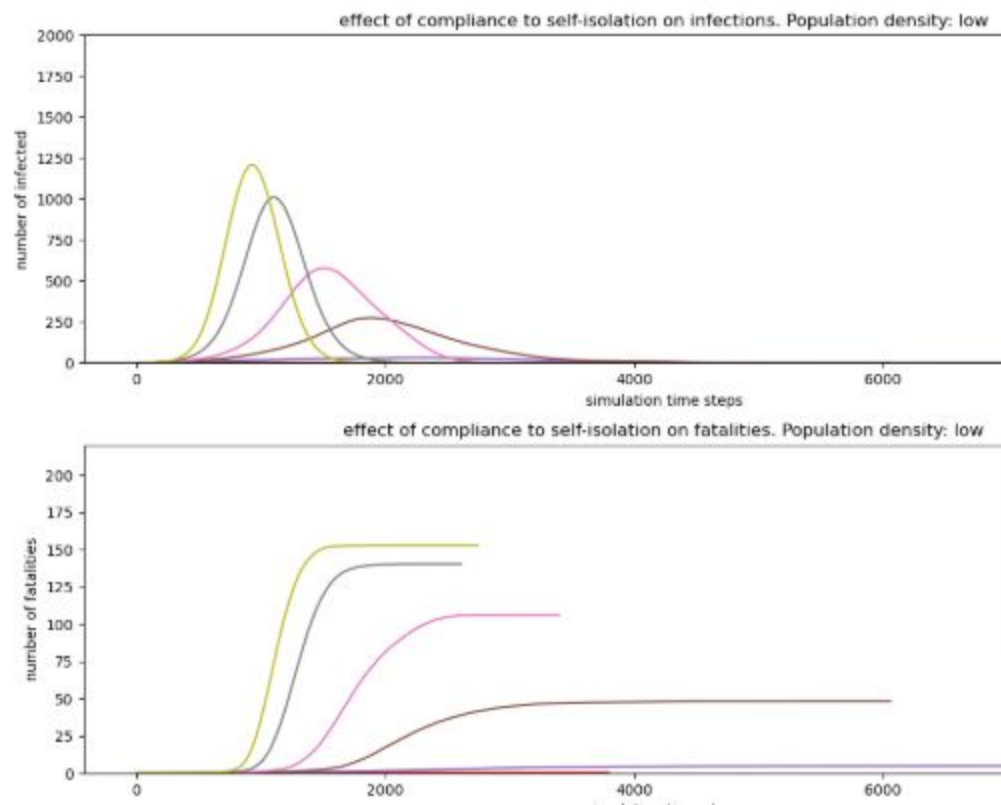
Medium population density:



Low population density:

- _____ k=8, Max_Cases: 8
- _____ k=7, Max_Cases: 9
- _____ k=6, Max_Cases: 13
- _____ k=5, Max_Cases: 391
- _____ k=4, Max_Cases: 1033
- _____ k=3, Max_Cases: 1294
- _____ k=2, Max_Cases: 1464
- _____ k=1, Max_Cases: 1653
- _____ k=0, Max_Cases: 1788

Low population density:



_____ $k=8$, Max_Cases:5

_____ $k=7$, Max_Cases: 6

_____ $k=6$, Max_Cases: 7

_____ $k=5$, Max_Cases:14

_____ $k=4$, Max_Cases: 328

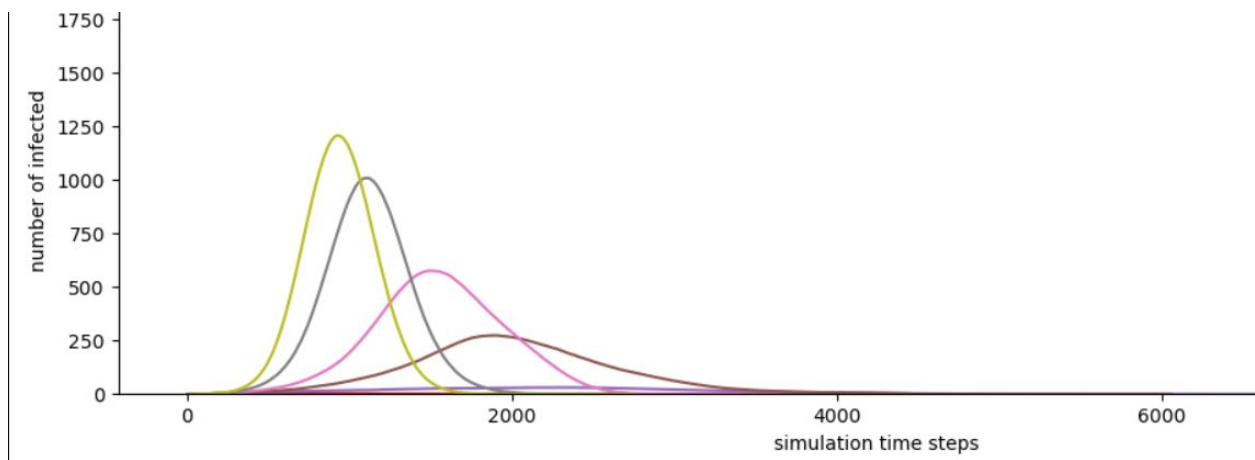
_____ $k=3$, Max_Cases: 733

_____ $k=2$, Max_Cases: 1007

_____ k=1, Max_Cases: 1331

_____ k=0, Max_Cases: 1452

מסקנות



_____ k=8, Max_Cases: 4

_____ k=7, Max_Cases: 5

_____ k=6, Max_Cases: 5

_____ k=5, Max_Cases: 32

_____ k=4, Max_Cases: 4

_____ k=3, Max_Cases: 275

_____ k=2, Max_Cases: 577

_____ k=1, Max_Cases: 1009

_____ k=0, Max_Cases: 1208

ניתן לראות מהגרפים להלן,

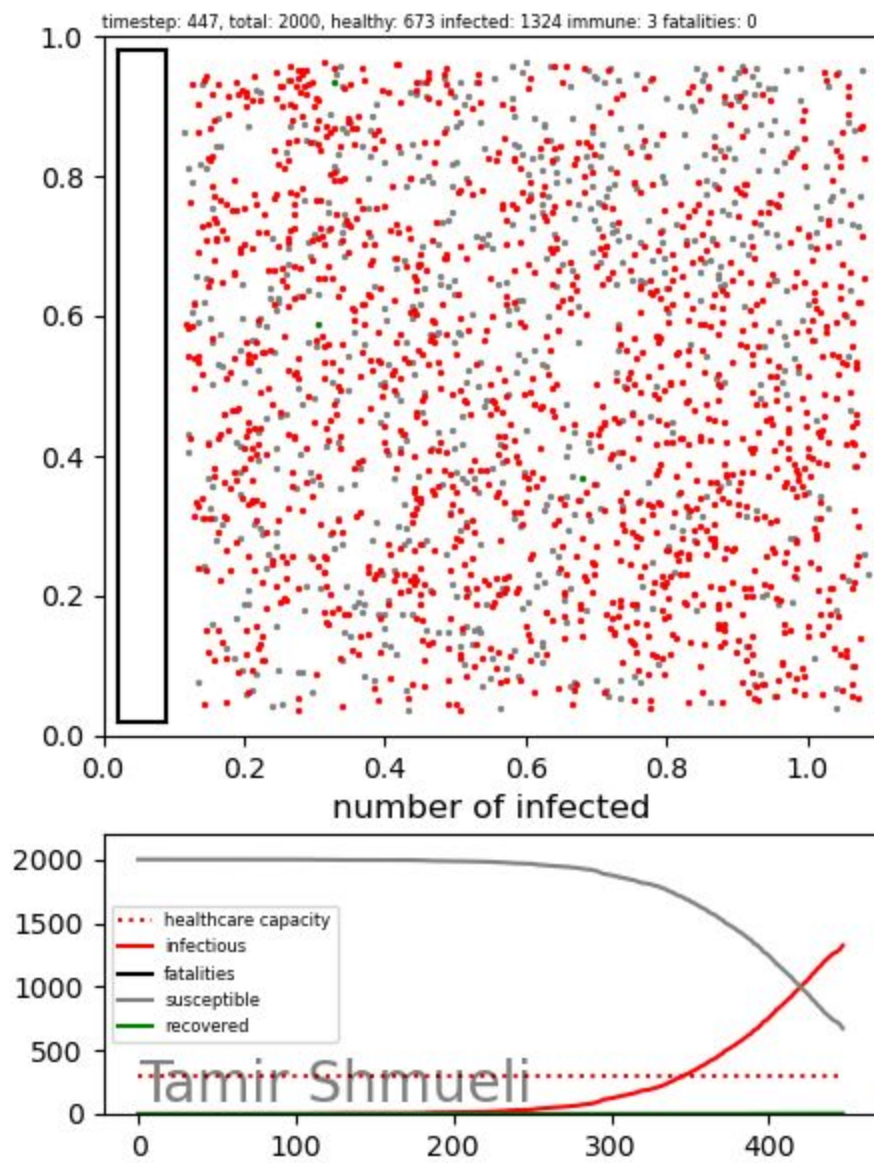
ניתן לראות להתחיל לראות גדילה לינארית כאשר $K > 3$ למעשה 275 אנשים זה המקסימום, ניתן לראות בתרשים

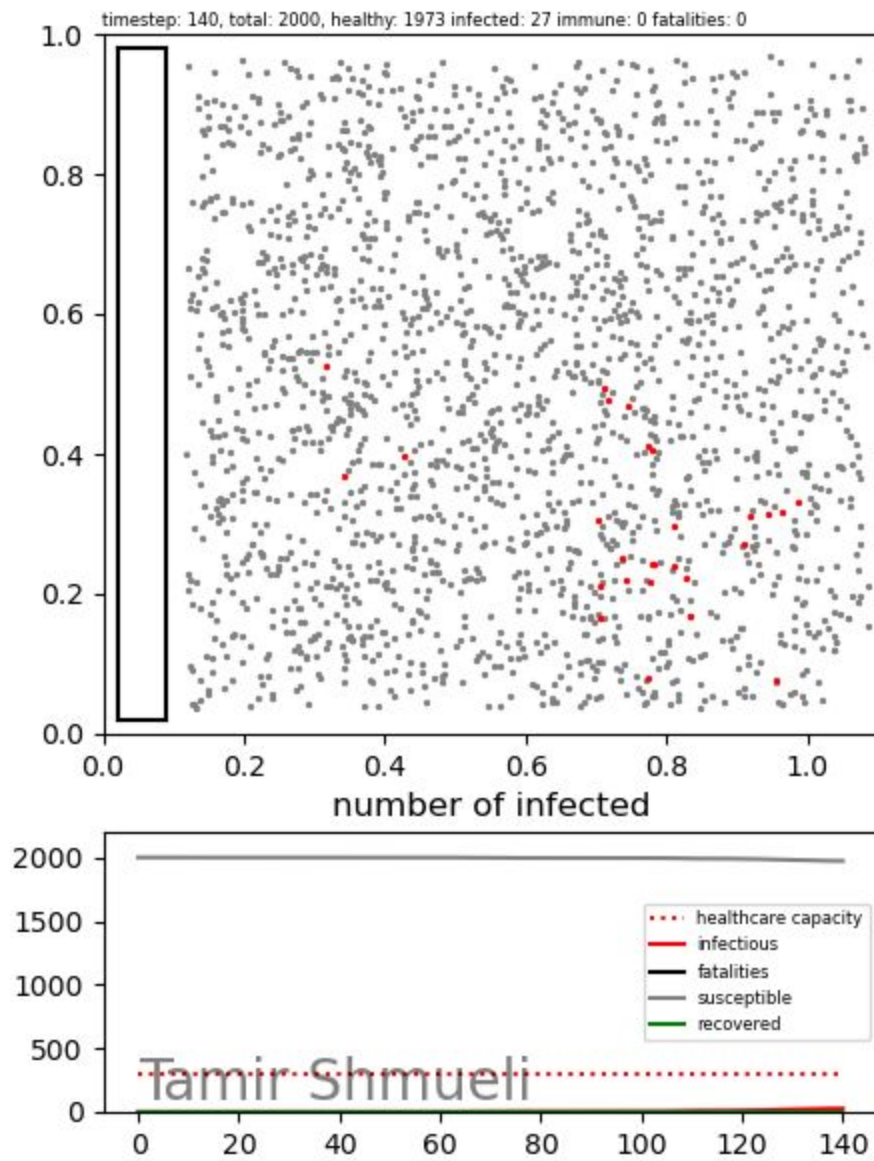
שעבור $K < 3$ אנחנו מקבלים עלייה אקספוננציאלית בכמות החולים

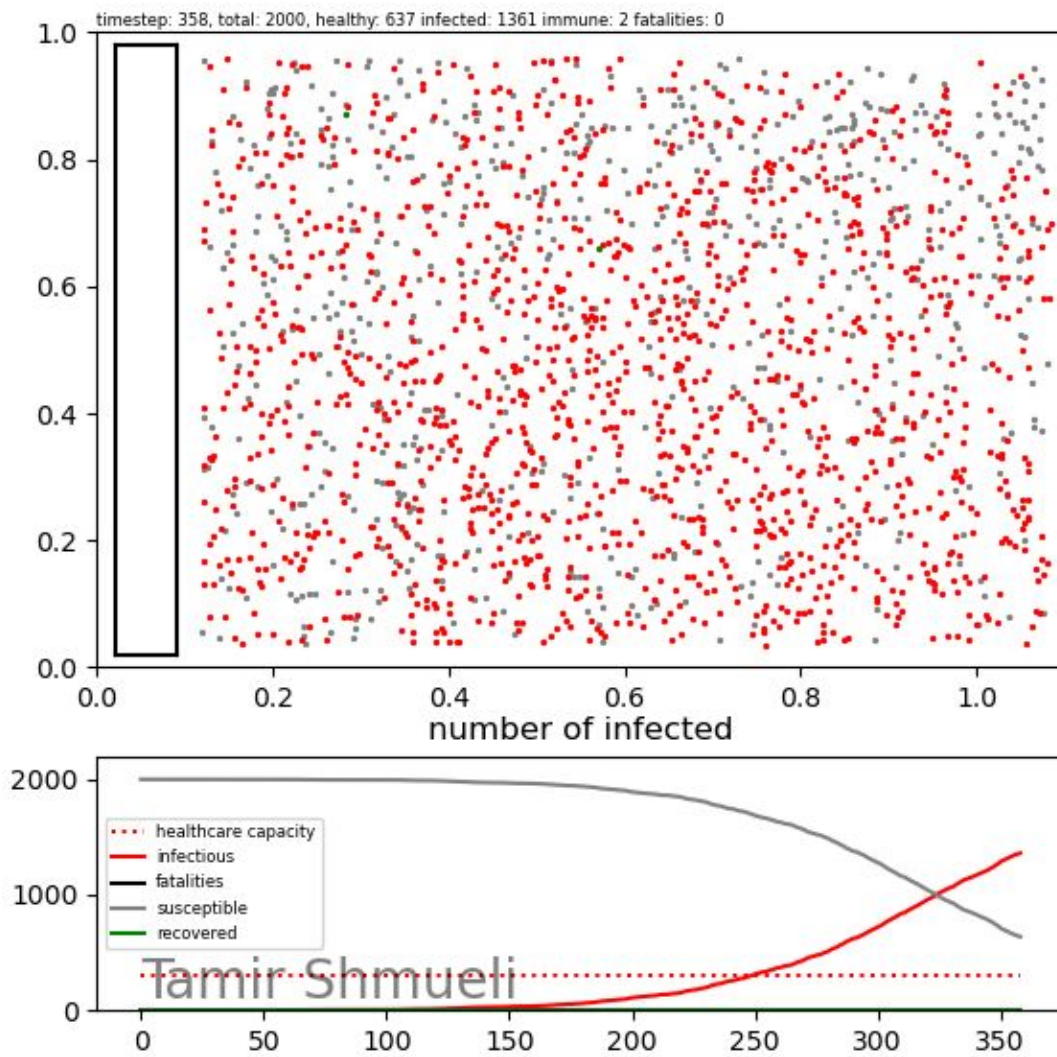
לעומת $K > 3$ שם ניתן להתחיל לראות גידול לינארי.

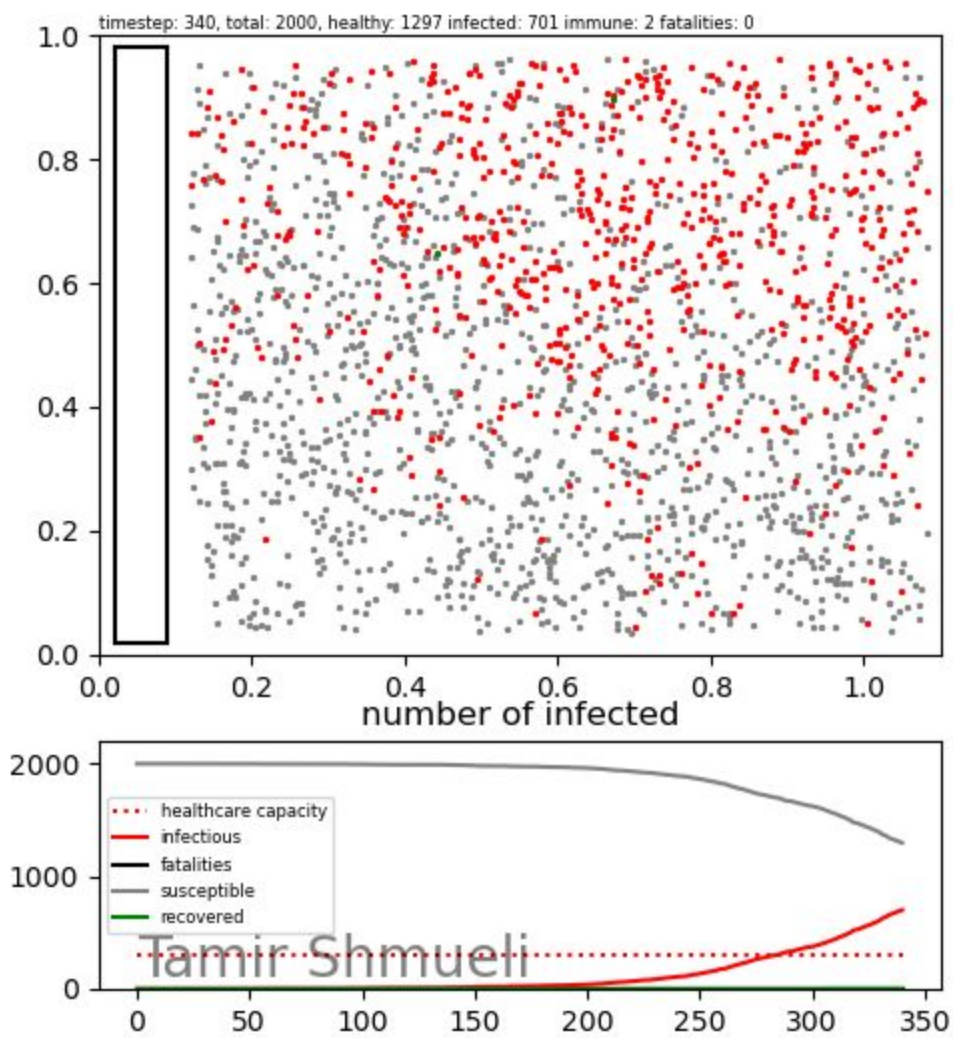
נראה כי $K=4$ הינו המצב הדיאלי עבור מקשי החיים בעוד שנוכל לחיות גם לדעתי עם $K=3$ (:

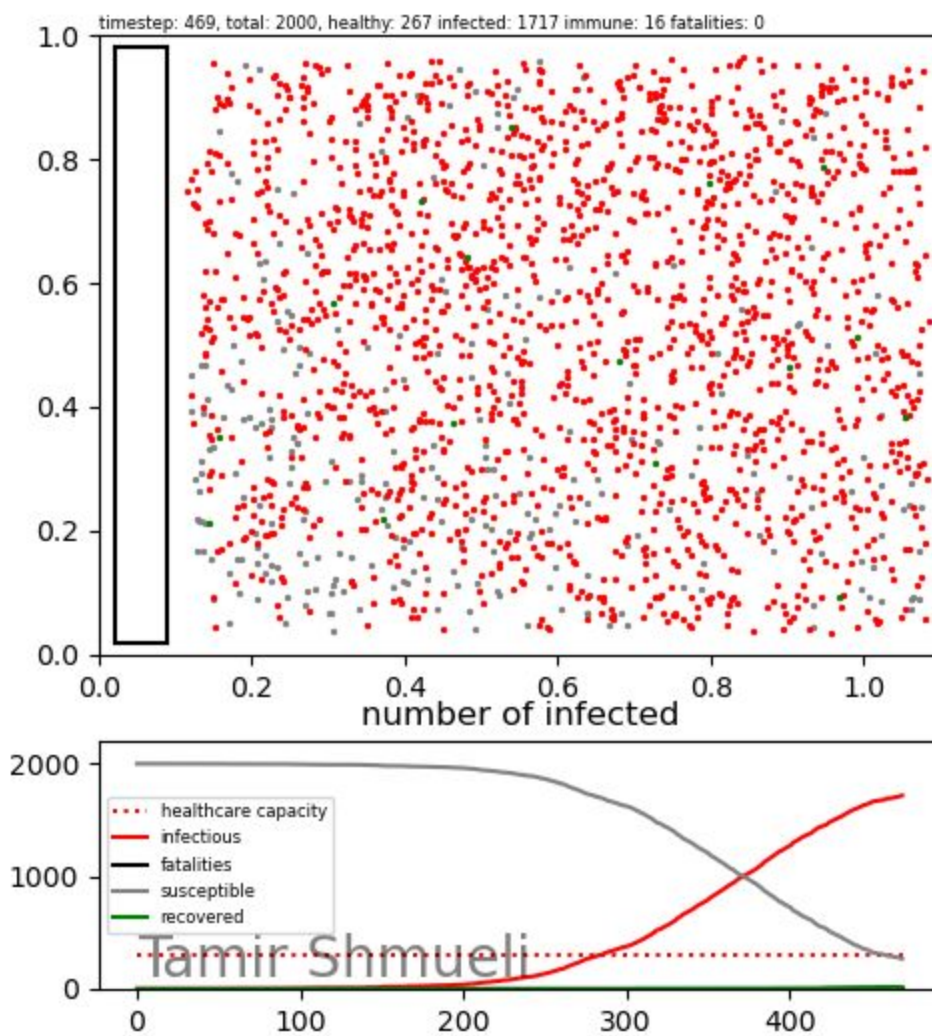
דוגמאות הרצה נוספות

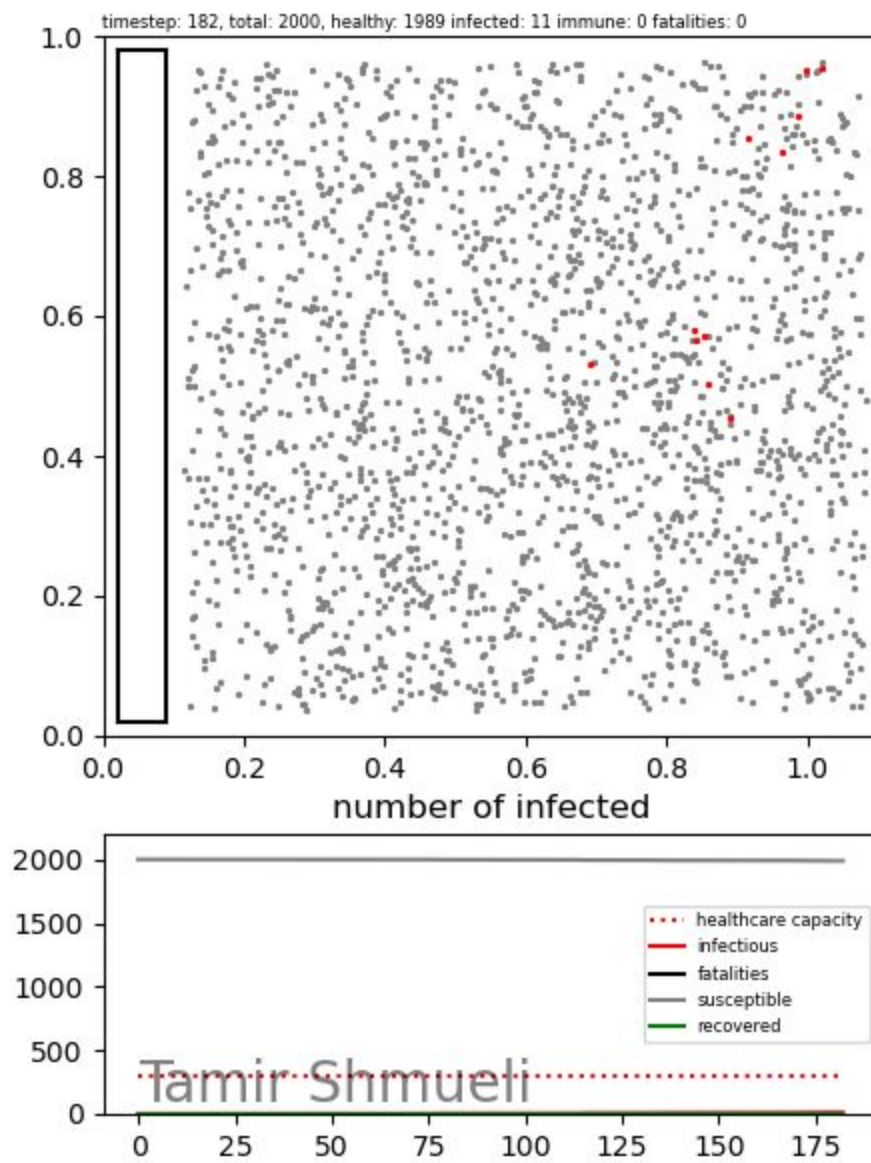


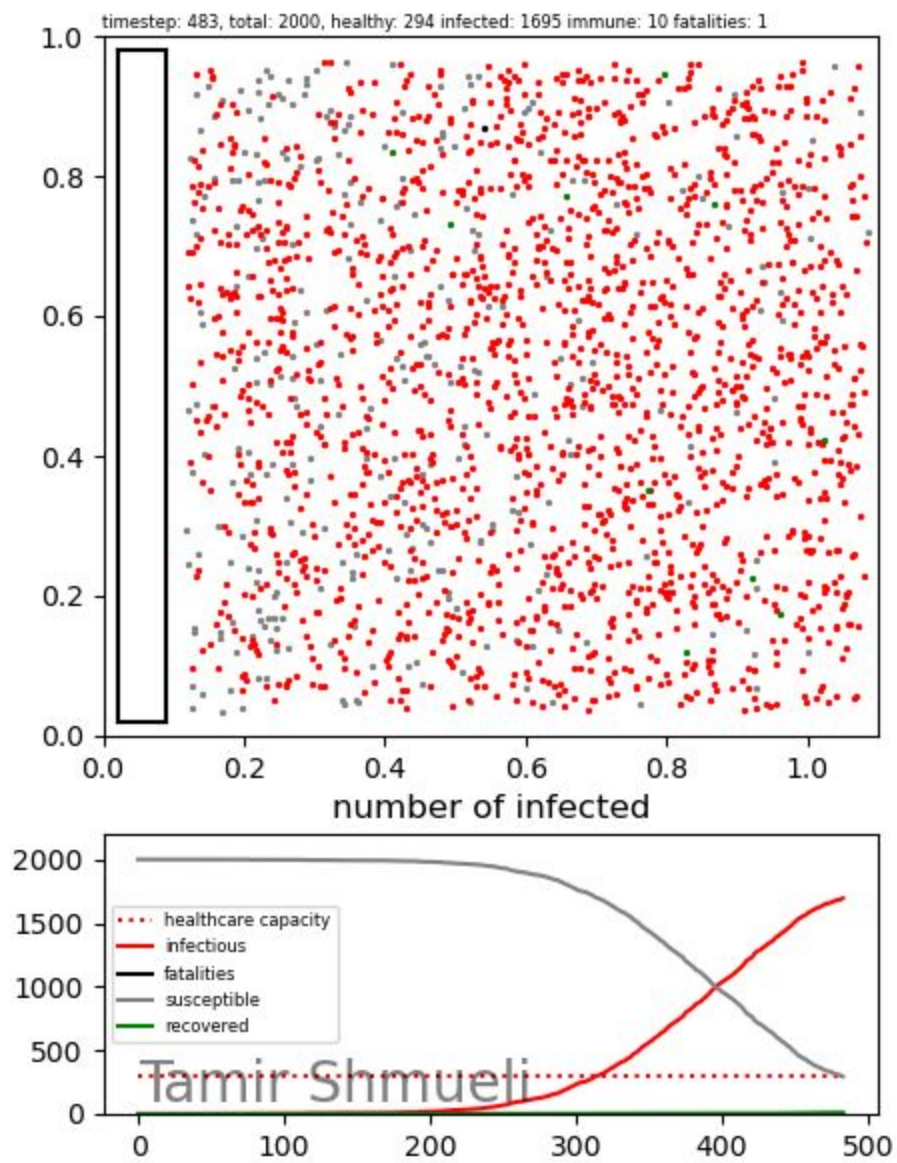


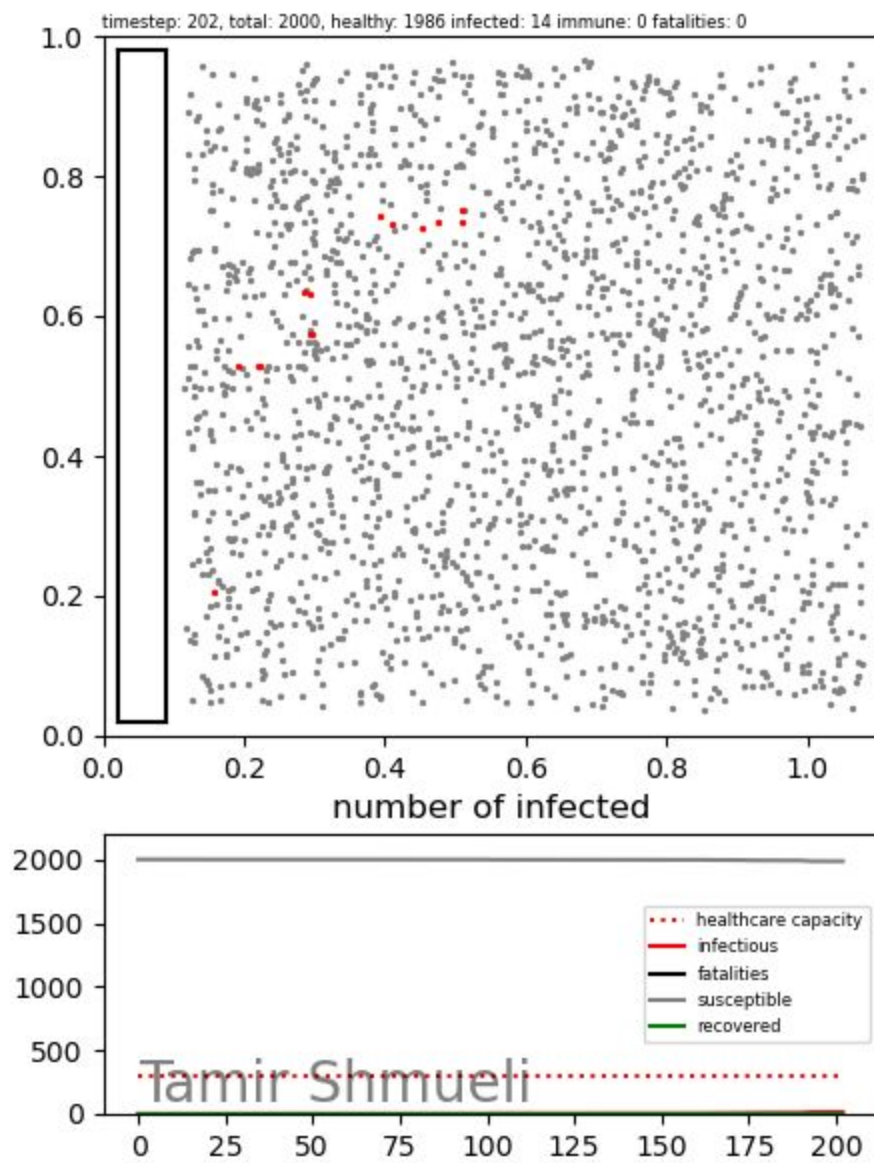


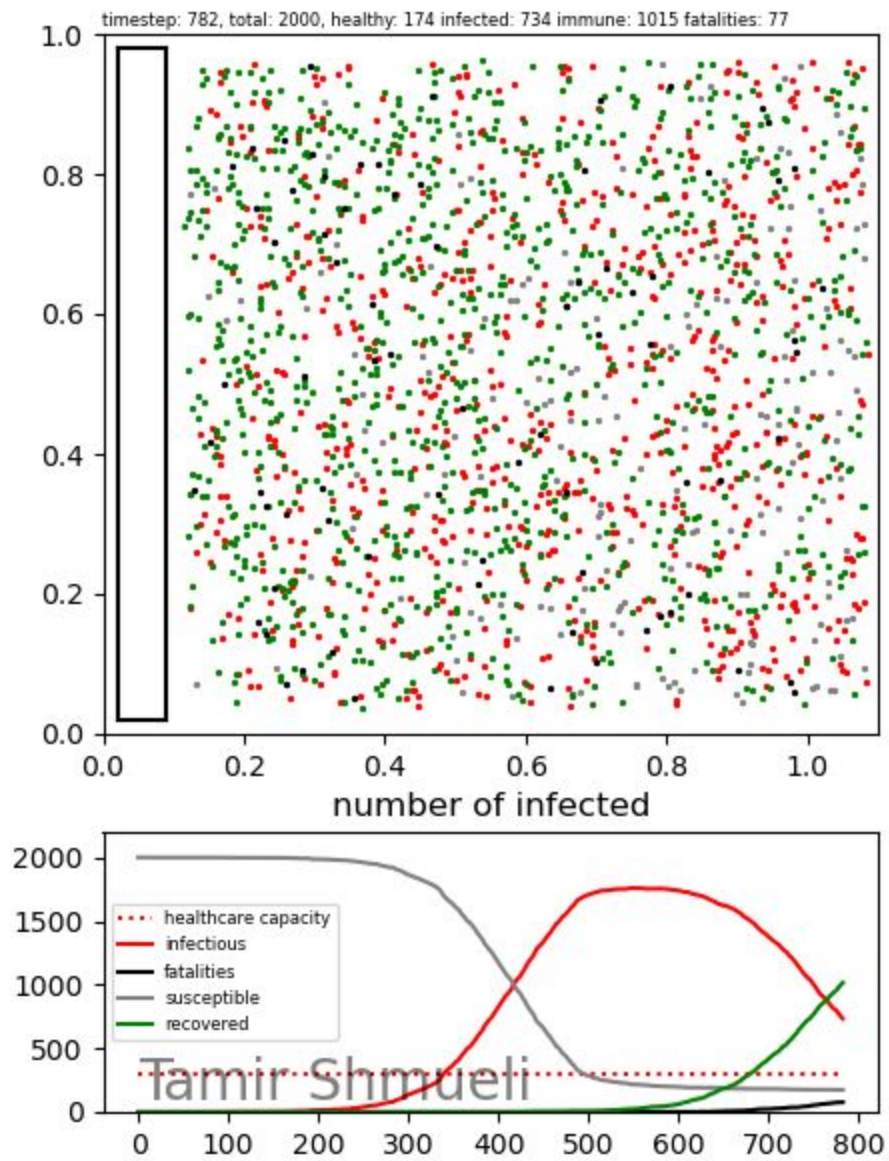


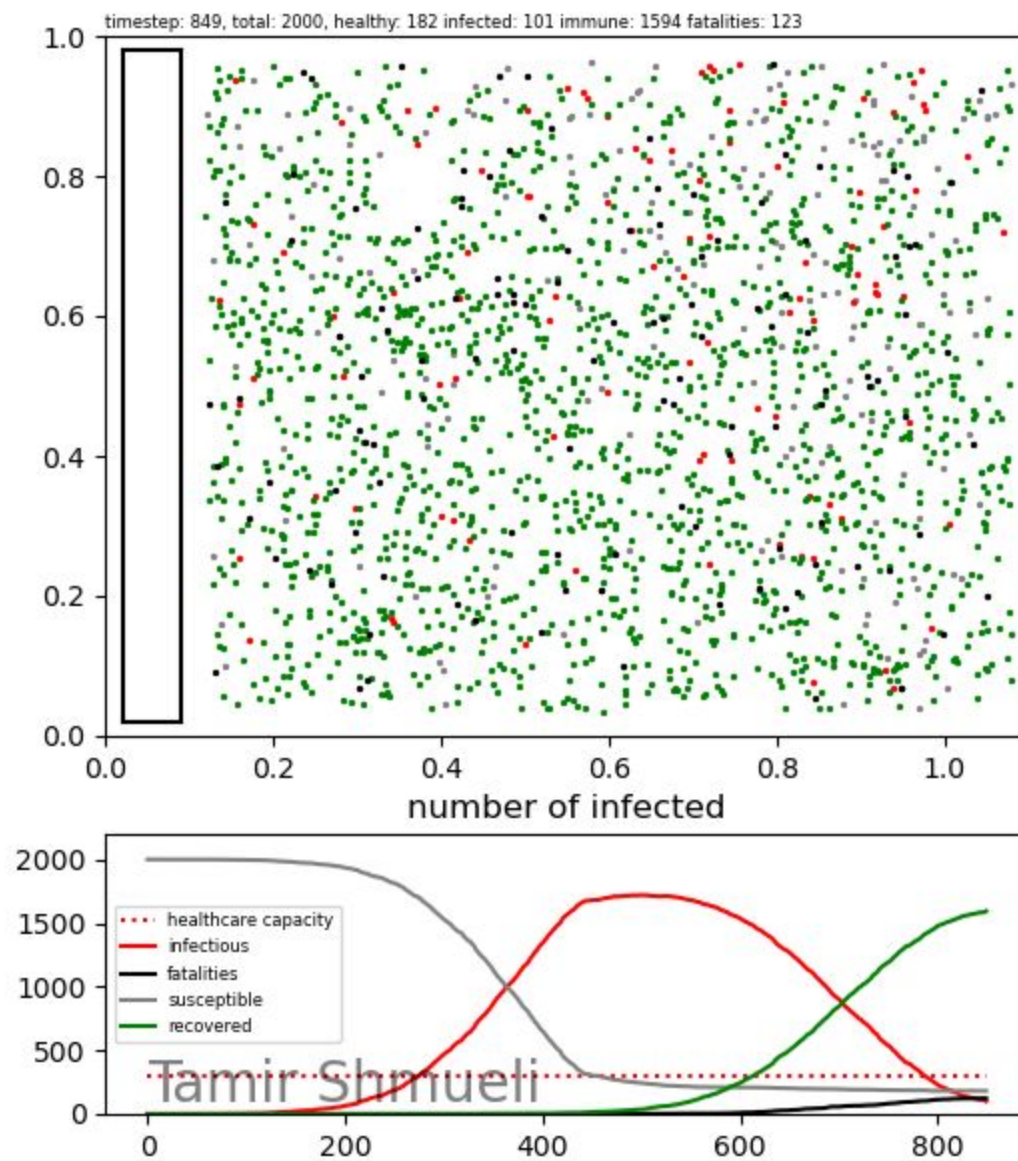


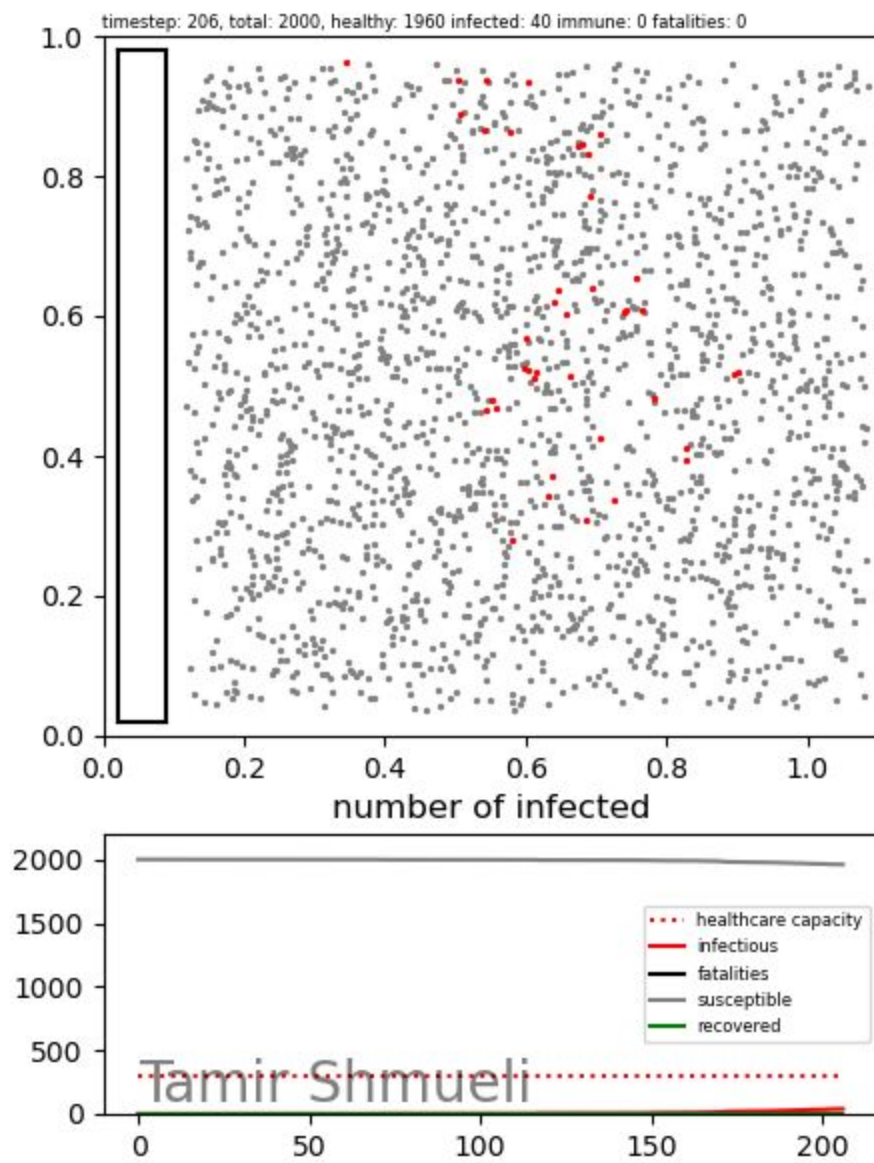


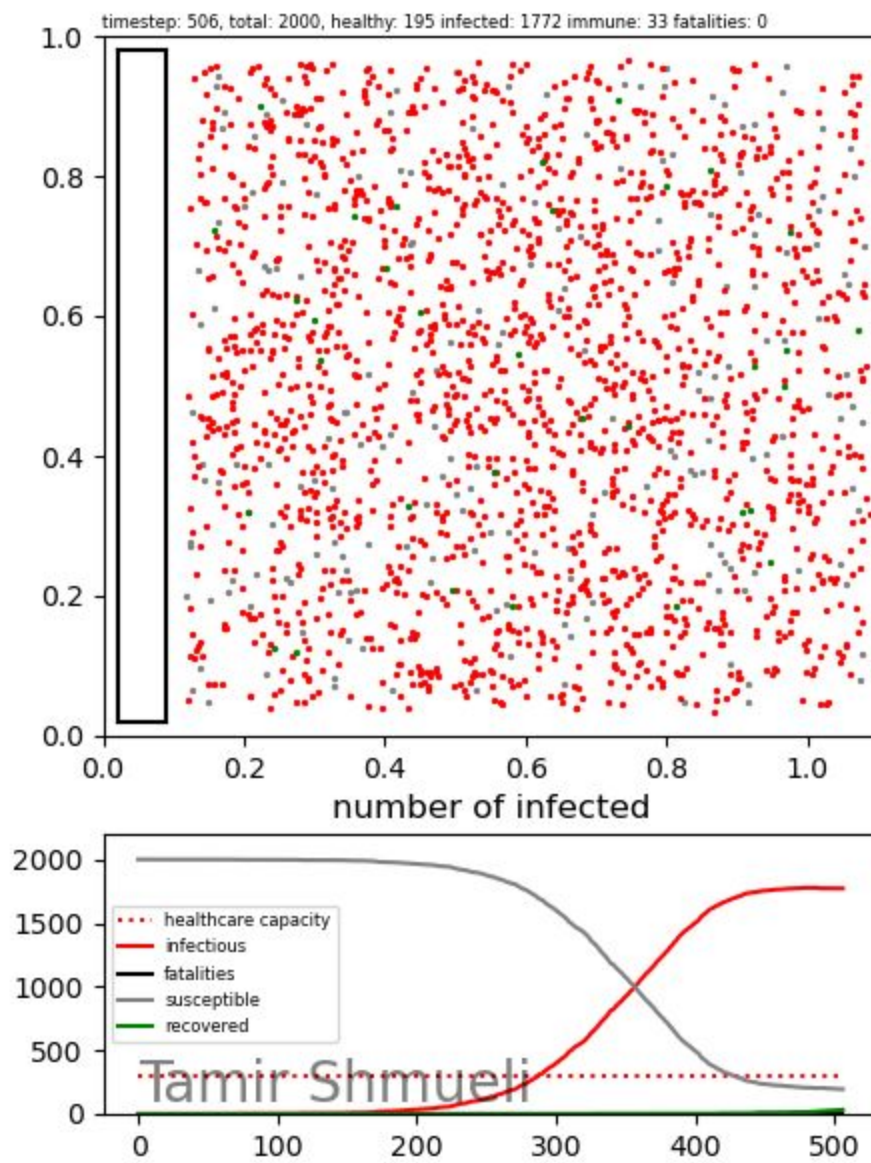


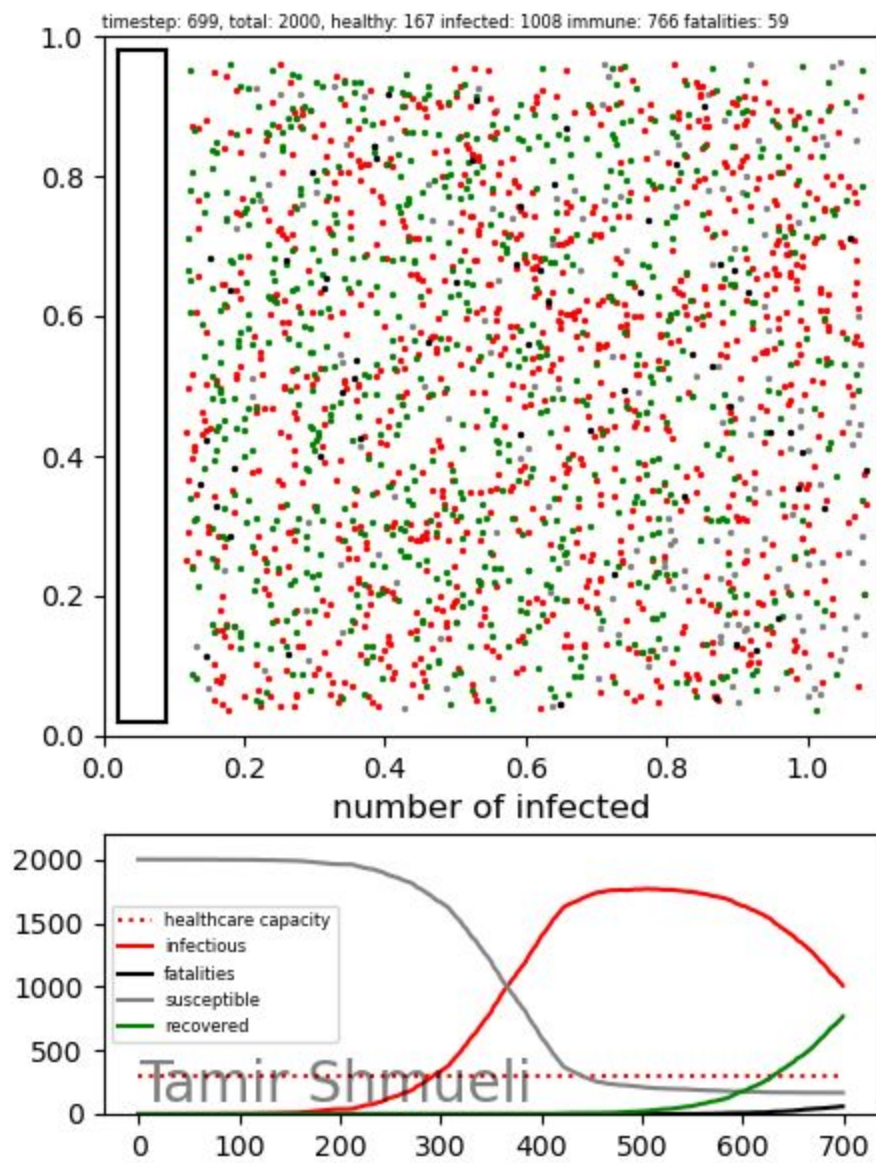












References

Lastname, C. (2008). Title of the source without caps except Proper Nouns or: First word after colon. *The Journal or Publication Italicized and Capped*, Vol#(Issue#), Page numbers.

Lastname, O. (2010). Online journal using DOI or digital object identifier. *Main Online Journal Name*, Vol#(Issue#), 159-192. doi: 10.1000/182

Lastname, W. (2009). If there is no DOI use the URL of the main website referenced. *Article Without DOI Reference*, Vol#(Issue#), 166-212. Retrieved from <http://www.example.com>