

Simulación de una pandemia

C. María Montemayor Palos

Posgrado en Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Orientación en Nanotecnología.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Resumen

El primer medio para lograr frenar la propagación del SARS-CoV-2 fue el distanciamiento social debido a la falta de una vacuna. Existen actualmente modelos matemáticos que simulan la propagación del virus para estudiar el impacto que tendrá en la población en una determinada región con cierto número de población y evitar así en mayor medida los altos índices de contagios. En el presente trabajo se pretende mostrar el efecto que tendrá en la población si se hace uso de cubrebocas, si cierto número de la población se vacuna gradualmente y los efectos secundarios que tendrán las personas vacunadas y no vacunadas, así como los efectos secundarios del SARS-CoV-2. Se obtuvieron los resultados esperados al implementar el uso del cubrebocas disminuyendo así la cantidad de contagios de los agentes.

Palabras clave: Sistema multiagente, pandemia, simulación, SARS-CoV-2

1. Introducción

Debido a la pandemia que se vive actualmente en el mundo, se recurre principalmente a medidas de intervención no farmacéuticas para frenar la propagación, como lo es el distanciamiento social, el uso del cubrebocas, lavado frecuente de manos y el uso de gel anti-bacterial. La propagación del virus depende de muchos factores que se deben tomar en cuenta ya que se pueden presentar diferentes escenarios, por ejemplo, en la ciudad de Nueva York hubo una propagación máxima seguida de una disminución repentina de los niveles de infección. En el estado de California tuvo una menor propagación de la infección antes del distanciamiento social [1] generando un patrón diferente. Esta crisis del COVID-19 ha llamado la atención para generar modelos matemáticos que simulen lo más parecido a la realidad previniendo así los altos contagios y cuantificando los efectos de la pandemia para alertar a las autoridades gubernamentales, tomando las medidas precautorias correspondientes. Estos modelos se abordan para múltiples escenarios de la pandemia, ayudando

así a evaluar la eficacia de las vacunas, formular mejores estrategias para la cuarentena, estimar las camas o equipo médico que se requiera en los hospitales, entre otros [2].

Es por esto que se pretende estudiar los efectos de propagación de la infección bajo ciertas condiciones dentro de la simulación empleando el sistema multiagente y el modelo SIR, los cuales se detallan en la sección 2, para mitigar las oleadas del virus entre otros patógenos potencialmente pandémicos.

2. Antecedentes

No existe hasta el momento una definición fija para la palabra agente en el campo de inteligencia artificial debido a que los agentes se pueden presentar en muchas formas físicas basados en el dominio de aplicación, sin embargo, existe una definición más aceptada que es la que describen Russell y Norvig [3]. Ellos definen a un agente como una entidad autónoma flexible capaz de percibir el entorno a través de sensores conectados a él. Esta definición no cubre toda la gama de características que debe

poseer un agente. Algunos de los rasgos importantes que diferencian a un agente son la interacción del agente con el medio ambiente, la autonomía, es decir, la capacidad que tiene el agente de tomar sus propias decisiones de forma independiente sin intervención externa. Además de su capacidad de respuesta, en la cual puede percibir las condiciones presentes del medio ambiente y responder a él de manera oportuna para tener en cuenta cualquier cambio en el medio ambiente, esto es un factor importante en aplicaciones en tiempo real. También otros aspectos como su movilidad y comportamiento colaborativo, entre otras.

2.1. Sistema multiagente

Así como no existe una definición única para la palabra agente, tampoco existe una definición única para el término de sistema multiagente, pero las principales definiciones aceptadas comparten ciertos puntos en común tales como la forma en que los agentes interactúan en un sistema a través del entorno compartido o a través de mensajes estructurados. Una característica importante para definir un sistema multiagente es su autonomía que permite encontrar la mejor solución a problemas considerando que, los sistemas autónomos están autodirigidos hacia un objetivo en el sentido de que no requieren control externo, sino que se rigen por leyes y estrategias que claramente marcan la diferencia entre los sistemas tradicionales y de múltiples agentes. Las normas son un ingrediente fundamental de los sistemas multiagentes que rigen el comportamiento esperado hacia una situación específica. A través de las normas se representan los comportamientos deseables para una población de una comunidad natural o artificial. De hecho, generalmente se entienden como reglas que indican acciones que se esperan llevar a cabo, que son obligatorias, prohibitivas o permisivas basadas en un conjunto específico de hechos [4].

2.2. Modelo SIR

El modelo SIR [5] es un sistema dinámico que está integrado por tres ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) las cuales describen la evolución en el tiempo de las siguientes tres poblaciones:

1. Personas susceptibles, S: Son aquellas personas que no están infectadas, sin embargo, podrían infectarse. Un individuo susceptible puede infectarse o permanecer susceptible. A medida que el virus se pro-

paga desde su fuente o se producen nuevas fuentes, más personas se infectarán, por lo que la población susceptible aumentará durante un período de 80 (período de aumento).

2. Personas infectadas, I: Son aquellas personas que ya han sido infectadas por el virus y pueden transmitirlo a aquellas personas que son susceptibles. Un individuo infectado puede permanecer infectado y puede ser eliminado de la población infectada para recuperarse o morir.
3. Personas recuperadas, R: son aquellos individuos que se han recuperado del virus y se supone que son inmunes.

En la figura 1 se muestra los cambios de los agentes.

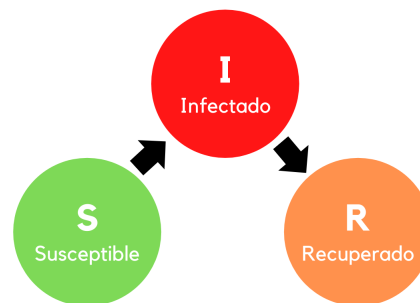


Figura 1: Modelo SIR.

3. Trabajos relacionados

Cooper [5] implementó el modelo de sistema multiagente para la pandemia que se está viviendo a nivel mundial siendo el SIR para personas susceptibles, infectadas y individuos eliminados apegándose a la realidad de la contingencia debido al fallecimiento de los individuos. Además, de que supuso que la escala de tiempo del modelo SIR es lo suficientemente corta como para que los nacimientos y las muertes (distintas de las causadas por el virus) se puedan descuidar y que el número de muertes por el virus es pequeño en comparación con la población viva.

4. Solución propuesta

Se trabaja con el programa R versión 4.0.4 [6] para Windows. El entorno en el que se encuentran los agentes

es un cuadrado con medidas de 1.5×1.5 con una distribución de posiciones al azar. Se considera dos experimentos diferentes para la realización de la simulación, en cada uno se distribuyen 50 agentes en un tiempo de 100. En la figura 2 se muestra el estado inicial de los agentes en el entorno evolucionando conforme pasa el tiempo, donde los agentes de color rojo son los infectados, los verdes son los susceptibles y los diamantes invertidos son los agentes que están vacunados. En la figura 3 se puede apreciar la evolución de los contagios conforme pasa el tiempo. El desarrollo del algoritmo se basa en el implementado por Schaeffer [7].

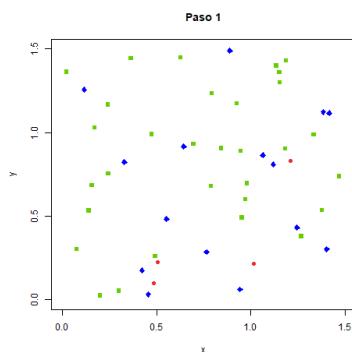


Figura 2: Evolución de los contagios de los agentes.

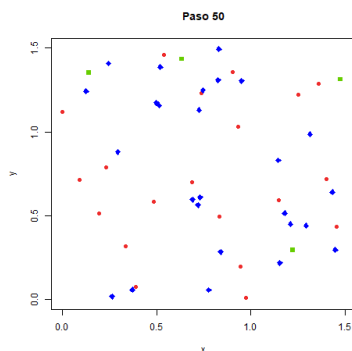


Figura 3: Evolución de los contagios de los agentes.

En el primer experimento, los agentes pueden ser vacunados con una probabilidad p_v y estos adquieren el estado de recuperado y no puede ser infectado nuevamente.

En el segundo experimento, los agentes también pueden ser vacunados, y se incluye que los agentes tengan una probabilidad al azar de que pueden usar o no un cubrebocas para disminuir los contagios. La figura 4 muestra el comportamiento de la pandemia en una sola corrida.

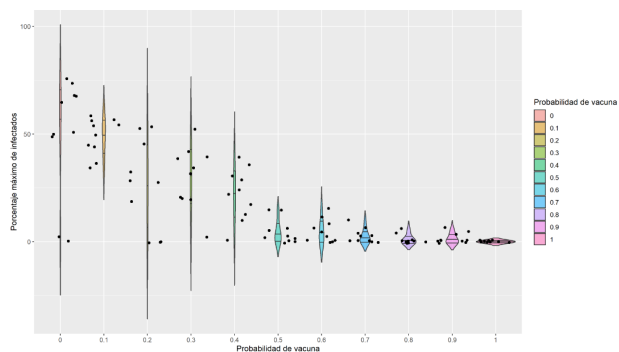


Figura 4: Gráfica de violín del porcentaje máximo de infectados variando la probabilidad de vacuna.

5. Conclusiones

Se realizó una simulación utilizando como base el modelo SIR para verificar si había un cambio significativo si los agentes contagiados y no contagiados portaban cubrebocas. Efectivamente como se puede observar en los diagramas, disminuye la probabilidad de contagios conforme la población se vacuna y hace uso correcto del cubrebocas. Así mismo existen las probabilidades de que tanto agentes contagiados y agentes vacunados presenten reacciones secundarias (como el incremento de enfermedades crónicas) debido al virus y a la vacuna, poniendo en riesgo la salud de los agentes.

5.1. Trabajo futuro

Como trabajo a futuro se puede considerar la implementación de los aspectos mencionados anteriormente, así como también especificar los efectos secundarios que se pueden adquirir debido a la vacuna y al virus, que los agentes tengan puntos de reunión simulando que ven amistades o familiares para ver un comportamiento más realista de la pandemia.

Referencias

- [1] N. L. Komarova, A. Azizi, D. Wodarz, Network models and the interpretation of prolonged infection plateaus in the COVID-19 pandemic, *Epidemics* 35 (2021) 100463. doi:doi:10.1016/j.epidem.2021.100463.
- [2] M. Rodrigues, M. Silva, L. Cardim, N. da Silva, I. Silveira, V. Silva, F. Pereira, A. de Azevedo, A. Amad, S. Pinho, R. Andrade, P. Ramos, J. Oliveira, Assessing the nationwide impact of COVID-19 mitigation policies on the transmission rate of SARS-COV-2 in Brazil, *Epidemics* 35 (2021) 100465. doi:doi:10.1016/j.epidem.2021.100465.
- [3] P. Gokulan, Balaji, S. D., An Introduction to Multi-Agent Systems, volume 310, 2010, pp. 1–27. doi:doi:10.1007/978-3-642-14435-6_1.
- [4] A. Garro, M. Muhlhauser, A. Tundis, M. Baldoni, C. Baroglio, F. Bergenti, P. Torroni, Intelligent Agents: Multi-Agent Systems, 2019, pp. 315–320. doi:doi:10.1016/B978-0-12-809633-8.20328-2.
- [5] I. Cooper, A. Mondal, C. G. Antonopoulos, A sir model assumption for the spread of covid-19 in different communities, *Chaos, Solitons & Fractals* 139 (2020) 110057. doi:doi:10.1016/j.chaos.2020.110057.
- [6] The R Foundation, The R Project for Statistical Computing, 2021. URL: <https://www.r-project.org/>.
- [7] E. Schaeffer, MultiAgent., 2021. URL: <https://github.com/satuelisa/Simulation/blob/master/MultiAgent/SIR.R>.