

TALLER 4:

Evaluar la relación entre la estructura de la red y dinámicas de difusión y propagación

Instrucciones: El taller tiene fecha de entrega el **lunes 20 de noviembre antes de las 23:59 p.m.** El informe escrito y los scripts de Python o R deberán estar comprimidos y enviados por Bloque Neón; Este será el único medio de entrega del taller. No se aceptarán talleres fuera de la hora de entrega o por otros medios.

MISIÓN: Vacunación pfizombi

En un universo paralelo, Hank Pym ingresó al Reino Cuántico con el objetivo de recuperar a su esposa perdida, Janet van Dyne. Sin embargo, al encontrarla descubrió que había sido infectada con un virus cuántico que la había convertido en zombi. Hank trató de salvar a Janet dirigiéndola a su laboratorio, pero esta lo atacó antes de si quiera haber llegado a su destino. En menos de 24 horas, el virus se propagó por el noroeste de los Estados Unidos infectando a una gran parte de la población. Ante esta situación los Vengadores respondieron, pero ya era demasiado tarde. Frente a la gran cantidad de zombis los vengadores no pudieron hacerles frente y desafortunadamente se infectaron y se transformaron en zombis. En poco tiempo, el virus se convirtió en un apocalipsis zombi mundial y ahora las esperanzas para sobrevivir son pocas.

Ustedes son un grupo muy afortunado de científicos, que han logrado refugiarse y sobrevivir al apocalipsis, por lo que en este momento representan la única esperanza de la humanidad. Por ende, han empezado a trabajar en formular una vacuna que permita detener la pandemia, y están muy cerca de lograrlo, pero sus recursos son escasos y tiene que escoger cuidadosamente a las personas que deben vacunar para salvar a la humanidad. Así, después de mucha deliberación y análisis han llegado a la conclusión de que tienen que vacunar primero a los superhéroes, para de esa forma volverlos inmunes a la mordedura zombi y detener esta catástrofe.

Ustedes cuentan con un amplio conocimiento en modelos de contagio en redes, por lo que han decidido construir la red de superhéroes con la que podrán tener claridad sobre cómo la epidemia se puede estar comportando y así poder tomar las mejores decisiones frente al panorama actual.

Adjunto encontrarán un pickle "Red Marvel.pkl", en formato NetworkX, en donde podrán detallar la red de todos los superhéroes de MARVEL®. En este archivo cada héroe es un nodo y cada arco representa si un héroe ha trabajado junto con otro héroe. La red cuenta con 6.403 héroes y 167.056 relaciones.

Cada nodo tiene dos atributos:

- **State:** Que toma el valor de "S" cuando el héroe está susceptible a ser convertido a zombi o toma el valor "Z" cuando este ya es un zombi.
- **Type:** Que muestra el tipo de sangre del héroe.

Adicionalmente, en los arcos cuentan con la variable **Weight** que muestra el número de veces que las dos personas han trabajado juntas.

Ahora, ustedes han investigado minuciosamente la dinámica de dispersión del virus y se han dado cuenta de que esta se puede modelar con un modelo SI.

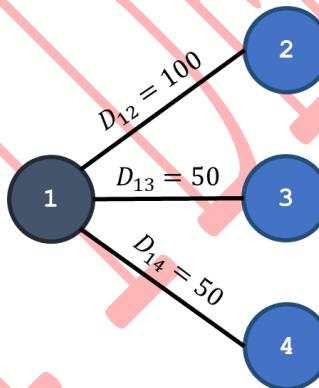
De este modo, el proceso que han identificado es el siguiente: Cada día un zombi tiene **50%** de probabilidad de encontrarse con uno de los héroes con los que han trabajado, si con la persona con la que se encuentra es un héroe susceptible, el zombi lo muerde. Ahora, un zombi no tiene el mismo chance de encontrarse con alguno de sus vecinos por lo que cada vecino tiene una importancia para el zombi. La importancia I_{ij} de un vecino j para el nodo i depende del porcentaje de encuentros (**Weight**) que el vecino representa con respecto a los demás vecinos de i y del efecto de assortatividad por tipo de sangre que haya entre ambos nodos. Lo anterior debido a que los zombies les atrae más una persona con un tipo de sangre compatible. Esta importancia la podemos definir de la siguiente manera:

$$I_{ij} = \left(\frac{T_{ij}}{\sum_{j=1}^{\text{vecinos}} T_{ij}} \right) + (E_{ij} * Q) \quad \forall i, j$$

Donde:

- T_{ij} es la cantidad de veces que el nodo i ha trabajado con el nodo j .

Por ejemplo:



Para el nodo 1, el porcentaje de encuentros que representa el vecino 2 con respecto a los demás será el siguiente:

$$\frac{100}{100 + 50 + 50} = 0,5$$

En resumen, el nodo 2 representa el 50% de los encuentros que tiene el nodo 1 al día.

Por otra parte,

- E_{ij} es una variable binaria que toma el valor de 1 cuando hay asortatividad en el tipo de sangre y 0 de lo contrario. En otras palabras, si el nodo i puede donarle sangre al nodo j la variable E_{ij} toma el valor de 1.

Para lo anterior cuentan con la siguiente tabla, que también encontrarán adjunta en un archivo denominado "Tabla de Donantes.xlsx".

Receptor	Donador							
	O+	O-	A+	A-	B+	B-	AB+	AB-
O+	1	1	0	0	0	0	0	0
O-	0	1	0	0	0	0	0	0
A+	1	1	1	1	0	0	0	0
A-	0	1	0	1	0	0	0	0
B+	1	1	0	0	1	1	0	0
B-	0	1	0	0	0	1	0	0
AB+	1	1	1	1	1	1	1	1
AB-	0	1	0	1	0	1	0	1

Entonces, si por ejemplo un zombi (Donador) con tipo de sangre B- muerde a un héroe (receptor) con sangre B+, la asortatividad toma un valor de 1.

Por último, Q es la constante de asortatividad de la red la cual se calcula de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{\text{nodos}} \sum_{i=1}^{\text{nodos}} \left(A_{ij} - \frac{k_i k_j}{m} \right) i \neq j$$

Donde:

- m corresponde a la cantidad de arcos en la red.
- A_{ij} es una variable binaria que toma el valor de 1 si existe un arco entre el nodo i y el nodo j o 0 de lo contrario.
- k_i y k_j representan el grado de los nodos i y j respectivamente.

Con todos los conceptos anteriores, es posible calcular la importancia de cada vecino de un nodo y normalizar estas para que sumen 1. Lo anterior para poder correr una distribución aleatoria uniforme entre 0 y 1 y escoger el nodo con el cual el zombi va a tener un encuentro y terminará mordiendo .

Ya que han comprendido la dinámica de la epidemia zombi, su equipo quiere simular el proceso de contagio para determinar qué tan grave es la situación de los superhéroes del universo. Hasta el momento existen 30 superhéroes convertidos en zombis (inicializados como tal en la red). Para lograr su objetivo sigan los siguientes pasos:

- a) Implementen la propagación de la epidemia zombi siguiendo el modelo SIR explicado anteriormente en la red. Modelen el proceso de infección con 100 días y reporten en graficas separadas el porcentaje de Susceptibles y Zombis en el tiempo. Concluyan sobre la posible evolución de la pandemia. *No olviden que su red en un principio ya cuenta con los zombis iniciales.*
- b) Ahora, el gobierno ha descubierto que al menos el 15% de los héroes que son infectados logran combatir contra el virus y recuperarse. Por lo anterior, un porcentaje considerable de héroes vuelven a la normalidad pasados 5 días. Bajo este escenario, implementen la propagación de la epidemia siguiendo un modelo SIR y modelen el proceso de la infección en el mismo rango de 100 días.

Adicionalmente, han recibido la excelente noticia de que su vacuna ya está lista para ser aplicada, pero desafortunadamente su equipo solo puede producir y aplicar 50 vacunas cada día. Por consiguiente, resulta muy importante encontrar una excelente estrategia de vacunación. Para lo anterior desarrolle y evalúen las siguientes tres estrategias:

- c) **Estrategia 1:** Selecciónen los individuos susceptibles que recibirán la vacuna basados en la estrategia centralizada de vote-rank. Asegúrense de que solo pueden vacunar a las personas que no se han convertido en zombi, estos nodos pasan a un estado de vacunados (V) los cuales no pueden ser infectados así sean mordidos.
- d) **Estrategia 2:** Selecciónen los individuos susceptibles que recibirán la vacuna basados en la estrategia descentralizada de closeness centrality. Asegúrense de que solo pueden vacunar a las personas que no se han convertido en zombi, estos nodos pasan a un estado de vacunados (V) los cuales no pueden ser infectados así sean mordidos.
- e) Finalmente, implementen de forma separada en la red inicial (la que nosotros les dimos) las dos estrategias de vacunación y simulen la propagación nuevamente teniendo en cuenta el proceso de vacunación. Comparen gráfica y cuantitativamente cómo cada una de las estrategias mitigan la propagación del virus y concluyan cuál de las estrategias es más efectiva.

El futuro del universo depende de ustedes.