**REPORTE DE PROYECTO**

**DATOS GENERALES**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Equipo** | **Dinamita** | **Nombre del proyecto** | **Modelo para análisis de contagio por COVID-19** |
| **Fecha** | **19/11/2020** | **Nombre del profesor** | **Alma Nayeli Rodríguez Vázquez** |
| **Nombre de los integrantes del equipo** | | **Alfredo Emmanuel Garcia Falcon** | |
| **Aidan Yepson Contreras** | |

**OBJETIVO**

|  |
| --- |
| El objetivo de este proyecto consiste en implementar una versión secuencial y otra en paralelo de un modelo basado en agentes para el análisis del riesgo de contagio por COVID-19 y comparar el desempeño de ambas versiones. |

**PROCEDIMIENTO**

|  |
| --- |
| Realiza la implementación siguiendo estas instrucciones. |
| Realiza un programa en C/C++ utilizando CUDA en el que implementes el siguiente algoritmo.  Un modelo basado en agentes es utilizado para predecir el riesgo de contagio por COVID-19 y las expectativas de recuperación en los espacios de trabajo de la Universidad Panamericana. Este modelo se puede utilizar para probar estrategias de control o medidas preventivas. Con su uso, se pueden probar diferentes políticas de reapertura hipotética que son imposibles de analizar en condiciones reales.  De acuerdo con el procedimiento general del modelo basado en agentes, la descripción comienza con la fase de inicialización, seguida de la fase de operación.  **Fase de inicialización**  En esta fase, un conjunto de agentes es distribuido uniformemente en un espacio bidimensional de tamaño para asignarles una posición inicial. Este espacio representa el campus de la Universidad Panamericana, mientras que los agentes representan a las personas que se encuentran en el campus.  Cada agente cuenta con un conjunto de atributos que representan diversas características individuales que influyen en la probabilidad de contagio del virus. Estas características pueden ser la edad, los hábitos de higiene, o el estado de salud de cada persona. La Tabla 1 describe los diferentes atributos que tienen los agentes y el rango de posibles valores que pueden adoptar.  En la fase de inicialización, todos los valores de los atributos de cada agente son inicializados con valores aleatorios dentro de los rangos de valores permitidos. Excepto el estatus de infección, ya que todos los agentes inician con un estatus de no infectado. Cada individuo tiene diferentes probabilidades de contagio, de contagio externo y de fatalidad. El hecho de que cada agente tenga diferentes valores dentro de los rangos establecidos simula las características particulares que cada persona tiene, como su edad y su condición de salud.   |  |  |  | | --- | --- | --- | | Tabla 1: Atributos de los agentes | | | | Atributos | | Rango de valores | |  | Probabilidad de contagio | [0.02, 0.03] | |  | Probabilidad externa de contagio | [0.02, 0.03] | |  | Probabilidad de mortalidad | [0.007, 0.07] | |  | Probabilidad de movilidad | [0.3, 0.5] | |  | Probabilidad de movilidad en pequeñas distancias | [0.7, 0.9] | |  | Tiempo de incubación | [5, 6] | |  | Tiempo de recuperación | 14 | |  | Estatus de infección | -No infectado (0)  -Infectado (1)  -En cuarentena (-1)  -Fallecido (-2) | |  | Posición en x | [0, ] | |  | Posición en y | [0, ] |   De manera similar, la probabilidad de movimiento o la probabilidad de que un agente siga las reglas y sólo se desplace a lugares cercanos de su área de trabajo es diferente para cada agente. Se asumen políticas restrictivas en las que la movilidad es limitada. Es por esto por lo que la probabilidad de movimiento es pequeña, la cual varía de 0.3 a 0.5. Además, la probabilidad de que un agente se mueva sólo a lugares esenciales es alta, por lo que varía de 0.7 a 0.9.  Además de los atributos, los parámetros de simulación descritos en la Tabla 2 deben ser inicializados.   |  |  |  | | --- | --- | --- | | Table 2: Valores iniciales de los parámetros de simulación | | | | Parámetros | | Valores | |  | Número de agentes | 10,240 | |  | Máximo número de días de simulación | 15 | |  | Máximo número de movimientos por día | 10 | |  | Radio máximo permitido para movimientos locales | 5 m | |  | Distancia límite de contagio | 1 m | |  | Área de simulación | 500 m x 500 m |   **Fase de operación**  En la fase de operación se consideran cinco reglas que simulan los efectos del coronavirus sobre la dinámica de la población. La primera regla controla la posibilidad de transmisión del virus entre los agentes contagiados y los no contagiados. La segunda regla simula la movilidad y las interacciones entre los individuos. La tercera regla considera la probabilidad de que un agente pueda contagiarse fuera del espacio de simulación, es decir, fuera del campus. Por otro lado, la cuarta regla contempla el tiempo de incubación del virus, el tiempo que tarda un agente en presentar síntomas, el tiempo de cuarentena y de recuperación. Finalmente, la quinta regla simula los desafortunados casos fatales. Estas reglas representan los principales componentes para modelar el comportamiento del COVID-19 dentro de un área de interés. Una descripción más detallada de cada regla se muestra a continuación.  Regla 1: Contagio  Con base en el último informe por parte de la Organización Mundial de la Salud acerca del COVID-19, las medidas de distanciamiento tienen como objetivo frenar la propagación de la enfermedad. Por tanto, la distancia física recomendada es de al menos un metro. Sin embargo, en los espacios de trabajo, la proximidad puede ser indispensable para la comunicación entre compañeros. Esta necesidad de comunicación supone una posible exposición al virus. Por tanto, esta regla simula el riesgo de contagio cuando los individuos interactúan entre sí descuidando la sana distancia.  En tales circunstancias, la regla uno considera que cada agente tiene una probabilidad de infectarse, la cual depende de su condición de salud particular, edad y hábitos de higiene como lavarse las manos con frecuencia, etiqueta al toser y uso de mascarillas. Por lo tanto, si un individuo no infectado está rodeado por al menos un vecino infectado , y el agente vecino está dentro del radio de contagio , entonces el individuo es propenso a infectarse por con una probabilidad . Esta regla se expresa como:   |  |  | | --- | --- | |  | (2) |   En donde es el estatus de contagio actual para el agente en el día . Un valor aleatorio en el intervalo [0,1] es representado por . El término es la función de activación que advierte un posible riesgo de contagio si un individuo infectado está muy cerca de , el cual está definido como:   |  |  | | --- | --- | |  | (3) |   En donde es la distancia Euclidiana entre el agente y . Por otro lado, es la función de activación que determina si el agente está infectado. Su definición está dada como:   |  |  | | --- | --- | |  | (4) |   Estas definiciones constituyen la regla uno, en la cual el estatus actual de un agente puede cambiar a infectado con una probabilidad si un individuo está a menos de un metro de distancia. De lo contrario, el estatus del agente se mantiene sin cambios.  Regla 2: Movilidad  La movilidad es esencial en los espacios de trabajo, pero es una de las principales causas de contagio. No se puede restringir en absoluto, pero se puede controlar de alguna manera. Sin embargo, incluso imponiendo medidas restrictivas, debe tenerse en cuenta que, en ocasiones, las personas pueden ignorar esas restricciones. Por lo tanto, el modelo considera dos posibilidades principales en cuanto al movimiento de agentes: el desplazamiento a lugares cercanos (siguiendo las medidas restrictivas) y lugares distantes (ignorando las reglas restrictivas).  Los lugares cercanos comprenden aquellos espacios indispensables que satisfacen las necesidades básicas del ser humano como el baño, el dispensador de agua, las aulas, el área de café, por mencionar algunos. Por otro lado, posibles lugares lejanos pueden incluir otros departamentos, la biblioteca, áreas comunes de recreación, restaurantes y cafeterías dentro de las instalaciones.  En el modelo, cada agente tiene una probabilidad de movimiento que imita la decisión personal de trasladarse a otro lugar. Según esta probabilidad, un agente puede trasladarse a otra ubicación o permanecer en su posición actual. Además, cada agente tiene una probabilidad de movimiento , que simula la decisión particular de trasladarse a un lugar cercano o lejano.  La posición en los ejes y de los agentes puede cambiar de acuerdo con la siguiente expresión:   |  |  | | --- | --- | |  | (5) |  |  |  | | --- | --- | |  | (6) |   En donde y son las nuevas posiciones del agente . La posición actual del agente está determinado por y , mientras que es la función de activación que determina si un agente ha decidido moverse o mantenerse en el mismo lugar, la cual está definida como:   |  |  | | --- | --- | |  | (7) |   Los términos y de las ecuaciones (5) y (6) determinan el movimiento de los agentes en los ejes y , respectivamente. Si el agente decide moverse, la siguiente decisión será el tipo de movimiento, el cual puede ser a un lugar cercano o distante. Ambos tipos de movimiento para y pueden formularse con (8) y (9), respectivamente:   |  |  | | --- | --- | |  | (8) | |  | (9) |   En donde y corresponden la nueva posición del agente en el eje y , respectivamente. De la ecuación (8), el primer término simula un pequeño movimiento, en donde es el máximo radio para movimientos locales. Por otro lado, el segundo término simula un desplazamiento a un lugar lejano, en donde corresponde al ancho del espacio de simulación. De manera similar, el primer término de la ecuación (9) corresponde a un movimiento local, mientras que el segundo término a un movimiento lejano, en el que es el largo del espacio de simulación. La función de activación determina si un agente ha decidido hacer un movimiento a un lugar cercano o no, y su definición está dada por:   |  |  | | --- | --- | |  | (10) |   De la ecuación (10), si el valor de es uno, el segundo término de las ecuaciones (8) y (9) se vuelve cero, lo cual origina un movimiento local. Por otro lado, si el valor de es cero, entonces el primer término de las ecuaciones (8) y (9) se vuelve cero, ocasionando un movimiento largo.  Regla 3: Contagio externo  Esta regla simula la posibilidad de que una persona se infecte fuera del espacio de trabajo. Aunque el modelo basado en agentes simula la propagación del COVID-19 en un entorno específico, no sería realista si no se considerara la probabilidad de contagio externo. Por tanto, esta regla simula lo que ocurre más allá de las instalaciones de forma general.  Después de una jornada laboral normal, las personas están expuestas a infecciones en otros lugares, ya que pueden tener contacto con personas infectadas fuera del campus. En consecuencia, en el modelo se considera la probabilidad de contagio externo, donde los agentes pueden iniciar una nueva jornada laboral ya infectados, poniendo en riesgo la salud de sus compañeros.  Según la Organización Mundial de la Salud, el inicio de los síntomas por COVID-19 no es inmediato, esto significa que, si un individuo se infecta, aún no se puede detectar. La enfermedad tarda un tiempo específico en manifestar síntomas. Este tiempo se denomina tiempo de incubación, que varía en promedio de 5 a 6 días. Por lo tanto, incluso si hay filtros sanitarios instalados en la entrada de las instalaciones para detectar síntomas relacionados con COVID-19, un individuo infectado puede pasar desapercibido.  Bajo tales consideraciones, la regla tres considera que un individuo no infectado puede ser infectado (cambiando su estatus) de acuerdo con una probabilidad de infección externa expresada como:   |  |  | | --- | --- | |  | (11) |   En donde la función de activación indica si un agente puede infectarse externamente:     |  |  | | --- | --- | |  | (12) |   Regla 4: Tiempo de incubación, inicio de síntomas, cuarentena y tiempo de recuperación  Una vez que una persona ha estado expuesta al coronavirus, la regla cuatro simula el proceso durante el tiempo de incubación, el inicio de los síntomas, el inicio de la cuarentena y la recuperación final. Se puede detectar un individuo infectado después del tiempo de incubación cuando los síntomas asociados con el COVID-19 son evidentes. Si los síntomas no son graves, la recomendación es el aislamiento domiciliario, que corresponde al inicio de la cuarentena. En un escenario favorable, después del período de cuarentena, se espera una recuperación.    La información proporcionada por la Organización Mundial de la Salud indica que el tiempo de incubación varía en promedio de 5 a 6 días. Después de eso, las personas experimentan síntomas durante 14 días, que se considera el período de recuperación en cuarentena para síntomas leves / moderados. Hasta ahora, no hay evidencia que respalde que una persona recuperada pueda volver a infectarse. Por lo tanto, una vez finalizada la cuarentena, el individuo recuperado no puede infectar a otras personas.  Según la información presentada, la regla cuatro realiza un seguimiento de los días transcurridos durante el tiempo de incubación de cada agente infectado . Por lo tanto, el tiempo de incubación se actualiza todos los días . Cuando el tiempo de incubación se termina, (después de 5 o 6 días dependiendo de cada individuo) los síntomas son evidentes, por lo que el estatus del agente infectado cambia a en cuarentena. Una vez que el individuo está en cuarentena, la regla cuatro registra los días trascurridos después de que se han presentado los síntomas para simular el tiempo de recuperación . Después de 14 días, la cuarentena termina. Entonces, el modelo considera que los agentes recuperados ya no pueden contagiarse ni contagiar a otros.  Basado en esta información, la regla cuatro lleva el conteo de los días transcurridos durante el tiempo de incubación de cada agente contagiado . Por lo tanto, el tiempo de incubación es actualizado cada día como sigue:   |  |  | | --- | --- | |  | (13) |   Cuando el tiempo de incubación termina (después de 5 o 6 días dependiendo de cada individuo), los síntomas se hacen evidentes, por lo que el estatus del agente infectado cambia a en cuarentena. La actualización del estatus se expresa como:   |  |  | | --- | --- | |  | (14) |   Además, una vez que un agente está en cuarentena, la regla cuatro también registra los días transcurridos después de que los síntomas se hicieron evidentes para simular el tiempo de recuperación , el cual es calculado como:   |  |  | | --- | --- | |  | (15) |   Después de 14 días transcurridos, la cuarentena termina. Entonces, el modelo considera que los agentes recuperados no pueden contagiarse nuevamente ni pueden contagiar a otros agentes.  Regla 5: Casos fatales  Desafortunadamente, el COVID-19 ha dejado considerables casos fatales en todo el mundo. Según la información recopilada en todo el mundo desde diciembre de 2019 hasta mayo de 2020, la tasa bruta global de casos letales (CFR), que es la proporción de episodios mortales de enfermedad, es del 7%. Estos casos corresponden a aquellas personas infectadas que experimentaron síntomas graves debido a varias condiciones médicas subyacentes como diabetes, hipertensión, enfermedad respiratoria crónica, enfermedad cardiovascular y cáncer. El riesgo de enfermedad grave también aumenta con la edad. Además, el 20% de los casos requiere hospitalización, mientras que el 5% requiere cuidados intensivos y ventilación, impactando en los sistemas de salud.  Con base en la información presentada sobre casos fatales, el modelo incluye una probabilidad de mortalidad para cada agente . Según el CFR, esta probabilidad varía de 0 a 0.07. Por lo tanto, si un individuo está en cuarentena, entonces este agente puede morir cualquier día después del inicio de los síntomas, dependiendo de su CFR. Cuando un agente muere, su estatus cambia. Por lo tanto, la regla cinco simula los desafortunados casos fatales utilizando la siguiente expresión:   |  |  | | --- | --- | |  | (16) |   En donde la función de activación indica si un agente está en el periodo de recuperación y se expresa de la siguiente forma:     |  |  | | --- | --- | |  | (17) |   **Procedimiento general**  El modelo basado en agentes deberá ser simulado computacionalmente para analizar el comportamiento del COVID-19 utilizando las cinco reglas presentadas. El procedimiento de simulación comienza con la fase de inicialización, en la que se deben configurar los parámetros generales y los atributos de los agentes. Después de eso, comienza la fase de operación, que se ejecuta iterativamente hasta que se alcanza el número máximo de iteraciones .  Cada iteración se considera un día de simulación, mientras que un día de simulación se divide en dos: el tiempo que las personas pasan dentro del campus y el que pasan fuera del campus. Además, se supone que, en cada día de simulación, los agentes pueden realizar varios movimientos pequeños o distantes en el espacio de trabajo, lo que imita la actividad habitual de una persona en un día laboral/escolar típico. Si un individuo cambia de posición como consecuencia de la regla dos, entonces está expuesto a contagio por la regla uno. Por tanto, un movimiento comprende la aplicación de las reglas uno y dos para todos los agentes.  El número máximo de movimientos por día de simulación está determinado por . Así, se completa una jornada laboral/escolar de simulación cuando se alcanza el número máximo de movimientos por día. Posteriormente, se considera que las personas se encuentran fuera de las instalaciones. Por lo tanto, la infección externa se efectúa según la regla tres. Finalmente, un día de simulación termina cuando se aplican las reglas cuatro y cinco.  El procedimiento general se resume en el algoritmo 1.   |  | | --- | | Algoritmo 1: Procedimiento computacional del modelo basado en agentes | | Fase de inicialización:  | Configurar los atributos de los agentes  | Configurar los parámetros de simulación  Fin de la fase de inicialización  Fase de operación:  | Mientras que el día actual de simulación sea menor que  | | Mientras que el movimiento actual sea menor que  | | | Para todos los agentes  | | | | Aplicar regla uno  | | | | Aplicar regla dos  | | | Fin del ciclo  | | Fin del ciclo  | | Para todos los agentes  | | | Aplicar la regla tres  | | | Aplicar la regla cuatro  | | | aplicar la regla cinco  | | Fin del ciclo  | Fin del ciclo  Fin de la fase de operación  Reportar los resultados |   **Resultados**  Los resultados del proceso de simulación deberán reportar los siguientes índices:   * Número de casos acumulados de agentes contagiados * Número de nuevos casos positivos por día // Mostrar contagiados cada día * Número de casos acumulados de agentes recuperados * Número de casos recuperados por día //Mostrar recuperados cada día * Número de casos fatales acumulados * Número de casos fatales por día //Mostrar casos fatales por día * El día en que se contagió el primer agente, el 50% y el 100% de la población. * El día en que se recuperó el primer agente, la mitad, y la totalidad de los agentes recuperados. * El día en ocurrió el primer caso fatal, la mitad de los casos fatales y la totalidad de los casos fatales. * Tiempo de ejecución del modelo en el CPU y en el GPU |

**IMPLEMENTACIÓN**

|  |
| --- |
| Agrega el código de tu implementación aquí. |
| Ver los archivos adjuntos de código tanto de CPU como de GPU. |

**RESULTADOS**

|  |  |
| --- | --- |
| Agrega las imágenes obtenidas en los espacios indicados. | |
|  | |
| Imagen de la consola con los resultados | |
|  |  |
| Imagen de la consola en la que se muestre el tiempo de ejecución en el CPU | Imagen de la consola en la que se muestre el tiempo de ejecución en el GPU |

**CONCLUSIONES**

|  |
| --- |
| Escribe tus observaciones y conclusiones. |
| Con este proyecto final se integró todo lo que aprendimos durante la materia. Se trabajó con cálculo de global ID, lanzamiento de kernel, funciones de kernel y de host, asignación de memoria en device, configuraciones de bloques y mallas, etc. Todo eso se aplicó en un proyecto de utilización real y que es escalable. Pudimos observar que realmente se logró una optimización a la hora de paralelizar el proceso con el uso de CUDA. El programa es 10 veces más rápido con CUDA y eso nos llenó de satisfacción. |