Simulación de Sistemas

Trabajo Práctico Nro. 5: Medios Granulares y Dinámica Peatonal
(Enunciado publicado en CAMPUS el 20/10/2023)

Elegir uno de los dos problemas enunciados más abajo para resolver utilizando dinámica molecular regida por el paso temporal y presentar.

Las simulaciones tendrán un *dt* fijo e intrínseco de la simulación, además se puede considerar un dt_2 para imprimir el estado del sistema (posiciones y velocidades de las partículas) para luego realizar análisis y animaciones con una velocidad adecuada. Se recuerda que la simulación debe generar un *output* en formato de archivo de texto. Luego el módulo de animación se ejecuta en forma independiente tomando estos archivos de texto como *input*. De esta forma la velocidad de la animación no queda supeditada a la velocidad de la simulación.

La entrega del T.P. consiste en:

a- Presentación de 13 minutos de duración (tipo powerpoint) con las secciones y el formato indicados en la guía de presentaciones.

b- Animaciones de sistemas característicos. Para la opción (1), colorear a las partículas con una escala continua según alguna variable relevante (presión, velocidad, estado, radio, densidad, etc.).

c- El documento de la presentación en formato pdf que contenga resultados, imágenes, parámetros correspondientes y las respuestas a lo pedido en cada problema. El archivo *.pdf a entregar NO debe contener las animaciones, pero sí algún fotograma representativo de las mismas y un link explícito (a youtube o vimeo) para visualización on-line.

d- El código fuente implementado.

<u>*Fecha y Forma de Entrega:*</u>

La presentación en pdf (c) y el código fuente (d) deberán ser presentados a través de campus, antes del día 03/11/2023 a las 10:00 hs. Los Archivos deben nombrarse de la siguiente manera:
"**SdS-TP5-2023Q2GXX_Presentación**" y "**SdS-TP52023Q2GXX_Codigo**", donde XX es el número de grupo.
Las presentaciones orales (a) -conteniendo las animaciones (b)- se realizarán durante la clase del día 03/11/2023.

Problema* 1*: *Medios Granulares - Descarga de un Silo Vibrado*

Simular un medio granular gravitatorio que fluye desde un silo 2D de forma rectangular, como se muestra en la Fig. 1, de ancho W=20 cm y alto L=70 cm con una apertura de salida de ancho D=3 cm sobre la cara inferior. Considerar condiciones de contorno cuasi-periódicas: una vez que las partículas alcanzan (L/10) cm por debajo de la salida (cara inferior del silo), reinyectarlas en una zona superior del silo (y ε [40,70]) con velocidad cero. El silo está vibrado solo en su base por un forzado externo, lo que significa que solo los dos segmentos de la base horizontal se mueven en conjunto sinusoidalmente en el eje *y* según la ecuación

$$y_v = A \sin(\omega t) \qquad (1)$$

donde y_v son las coordenadas y de los vértices de esos dos segmentos que conforman la base del silo, A la amplitud y ω la frecuencia del forzado externo. El movimiento de la base del silo será indiferente a las fuerzas ejercidas por las partículas sobre la misma, lo que significa que no se deben resolver las ecuaciones de movimiento para estas paredes, ni para ninguna (las otras permanecerán quietas).

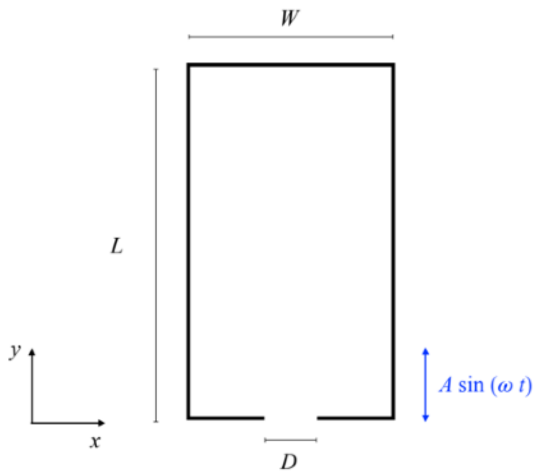

Figura 1: Esquema del silo vibrado.

El medio granular consta de partículas circulares cuyos radios tienen una distribución uniforme en el intervalo r = [0.85 cm, 1.15 cm]. Considerar N=200 partículas, que deben ser generadas en forma aleatoria sin superponerse dentro del área total del silo, con velocidad inicial cero.
Para el cálculo de las fuerzas entre partículas y de partículas con paredes considerar las expresiones (N.1) y (T.1) de la diapositiva 15 de la Teórica 5. Tomar como constantes k_N = 250 dina/cm; $|k_T| = 2\,|k_N|$; $\gamma = 2.5$ g/s; μ=0.7 y la masa de cada partícula igual a 1 g (Sistema de unidades CGS.).
Usar como método integrador Beeman para fuerzas que dependen de la velocidad con dt=10^{-3} s.

a) Fijar la amplitud A=0.15 cm y variar la frecuencia para los siguientes valores ω ={5, 10, 15, 20, 30, 50}. Simular T=1000s o los que fueran posible según capacidad de cálculo disponible (mayor o menor). En una figura mostrar las curvas de descarga (Nro. de partículas que salieron en función del tiempo, las cuales se obtienen del output que guarda sólo los tiempos de salida de cada partícula con la mayor precisión dada por el dt de integración) de todos los casos. A partir de ellas calcular el caudal (Q: nro. de partículas por unidad de tiempo) como la aproximación lineal de las mismas después del transitorio inicial en el que las partículas se amontonan en el fondo del silo. Finalmente, mostrar el observable Q con su error asociado, en función de ω.

b) Para el ω que maximice el caudal, simular otras 3 aperturas D = {4, 5, 6}cm y graficar el caudal con su error asociado vs. el ancho de la apertura para los cuatro valores de D (incluyendo el del punto (a)).

c) Ajustar el parámetro libre de la ley de Beverloo que mejor aproxima los datos obtenidos en el punto (b). Para esto usar los "Conceptos de Regresiones" dados en la Teórica 0.

Problema 2: *Dinámica Peatonal - Navegación basada en datos experimentales*

En este TP se propone simular un sistema peatonal concreto, usando los datos tomados de un experimento usando un drone como el que se muestra en la Fig. 2.

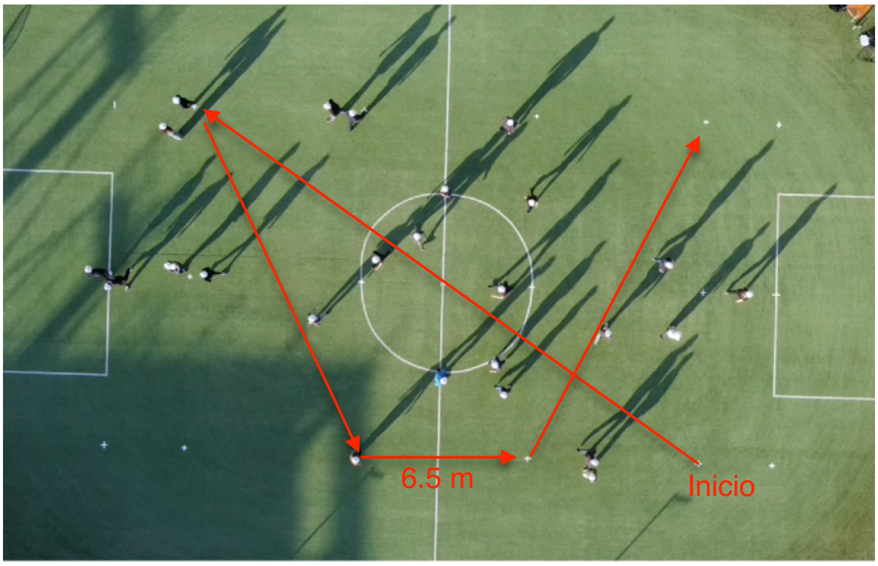

Figura 2: Peatones caminando entre targets elegidos al azar, marcados en el suelo. Flechas rojas para el ejercicio 2.c).

Como archivos adjuntos se encuentran: "Targets_720_0_1000.mov" (el video conteniendo la escena experimental filmada); "Trayectorias_0_To_13_frames_1_1000_m.txt"; y "Trayectorias_14_To_25_frames_1_1000_m.txt" que contienen las trayectorias de los peatones con el formato:

'frame' 'y' 'x' 'ID' .

Para transformar el número de frame a segundos, se debe multiplicar por 4/30. Las coordenadas 'x' e 'y' ya están corregidas por movimientos del drone y convertidas a metros. El 'ID' de la partícula va desde 0 hasta el número máximo de trayectorias analizadas en cada archivo. Los dos archivos *.txt corresponden al mismo experimento, por lo que las trayectorias de ambos deben ser consideradas simultáneamente (el número de frame expresado en ambos es absoluto). En cambio, se debe distinguir entre los IDs repetidos (IDs de 0 a 13 en el primer archivo están correctos. Pero los IDs de 0 a 10 en el segundo archivo se deben rebautizar como de 14 a 25).

a) Unificar los dos archivos de trayectorias en uno solo, respetando el orden y formato dado por número de frame e IDs y rebautizando los IDs de 14 a 25 como se indica arriba. Hacer una animación de las trayectorias experimentales, identificando a cada peatón con un color diferente. En cada fotograma, cada peatón se deberá representar con un círculo sólido en la posición actual y una linea del mismo color que pase por las posiciones anteriores (entre 5 y 10, a elección), formando una estela. En una misma diapositiva mostrar la animación obtenida, en simultáneo con el video "Targets_720_0_1000.mov" con la finalidad de validar la correcta interpretación de los datos experimentales. Considerar que el eje 'y' en los datos de las trayectorias podría estar invertido respecto de la imagen.

b) Elegir alguno de los modelos operativos de dinámica peatonal descritos en la Teórica 6.
Para cada una de las 26 trayectorias calcular el módulo de la velocidad en función del tiempo. Para ello, tener en cuenta que el paso temporal entre frames es dt = 4/30 s.

Identificar las desaceleraciones y aceleraciones producidas al llegar y partir de un target de manera directa (SIN esperar a que otra persona salga del mismo target).
Seleccionar la mayor cantidad posible (más de 20) de estos eventos de arribo y partida de un target (hay varios por cada trayectoria). Para cada uno de estos eventos se debe registrar la velocidad de caminata libre antes del arribo y después de la partida del target (v_d^{max}, asumir que son iguales, y constantes para cada persona). Además, se debe registrar la distancia al target a la cual comienza la maniobra de arribo al target (d_a).
Usando estas dos cantidades (v_d^{max} , d_a) ajustar los parámetros τ_a (arribo) y τ_p (partida) del modelo elegido usando los "Conceptos de Regresiones" dados en la Teórica 0. Para ello será necesario realizar simulaciones de una sola partícula en una dimensión (asumiendo trayectoria recta) considerando solo la componente de autopropulsión de los modelos (ignorando las interacciones entre partículas).
En el caso del CPM, como no está definido que se desacelere sin interactuar, se lo debe modificar, de tal forma que cuando la distancia de la partícula al target sea menor o igual que d_a, el radio comience a decrecer para ir desacelerando hasta llegar al reposo.
En el caso del SFM, cuando la distancia de la partícula al target sea menor o igual que d_a, la velocidad deseada v_d se hace nula hasta llegar al reposo ($v = 0$).
Para ambos modelos, los casos de partidas (aceleraciones desde el reposo), se inician con la partícula simulada con $v = 0$ y v_d^{max} según las calculadas de cada trayectoria experimental.

En una tabla, reportar valor medio de d_a, τ y v_d^{max} por cada uno de las trayectorias analizadas. Además, reportar valores medios de toda la población de las mismas cantidades con su error asociado dado por el desvío estándar.

c) Heurística para evitar colisiones. Según el paradigma de que toda elusión es producida por un cambio de la velocidad deseada, definir una heurística propia que puede estar inspirada por las de la bibliografía o puede ser novedosa. Utilizar el mismo modelo que se usó en el punto 2b) pero agregando ahora interacciones entre partículas (choques). Para ello, usar el valor de τ hallado en 2b) y radios máximos que no superen 0.3 m. En el caso de la SFM ignorar el término de repulsión social.

Invención de Morel Inversa: Simular una sola partícula que se dirija en orden a los targets indicados por las flechas rojas en la Fig.2 (las 12 cruces centrales están sobre una grilla cuadrada de 6.5 m de lado) y que interactúe con las trayectorias de los datos experimentales, las cuales no serán simuladas (se moverán igual que en 2.a, sin reaccionar a la partícula simulada). Mostrar la animación destacando la partícula simulada. Para la misma calcular las siguientes cantidades y mostrarlas en una tabla.
- Número de partículas experimentales contra las que chocó. Si la partícula simulada interactúa durante varios *dt* con una partícula experimental *j*, se debe computar solo un choque. Si luego de seguir sus caminos vuelven a interactuar, se debe sumar otro choque.
- Velocidad promedio de la partícula simulada durante toda su trayectoria.
- Mínima distancia a primeros vecinos. Para cada frame, calcular las distancias de todas las partículas experimentales a la partícula simulada y guardar la mínima: $d_{min}(t) = \min(d_{ij}(t))$, con *j*=0,1...25. Luego graficar esta distancia mínima en función del tiempo y elegir todos los mínimos locales. Reportar promedio con su error y cantidad de los mismos.