

Incorporación de técnicas de muestreo mediante histogramas multidimensionales al código de simulación de fuentes de Monte Carlo KDSOURCE

Carrera: Ingeniería Nuclear

Lucas Ezequiel Ovando

Director: Dr. Ariel Marquez

Codirectora: Ing. Zoe Prieto

Jurado: Dr. Juan Carlos Losada

Jurado: Mg. Cuan Larlos Josada

San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. 17 de febrero de 2025



Resumen I

- 1 Introducción
- 2 Motivación
- 3 Resultados preliminares
- 4 Conclusiones preliminares y trabajo futuro



1. Introducción

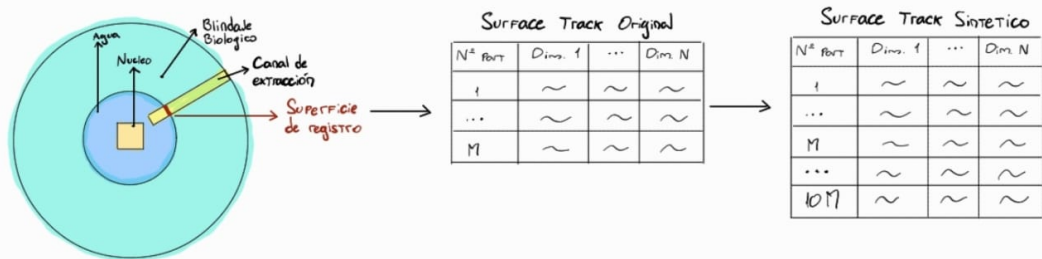
Introducción

En este trabajo se planea incorporar una:

- tecnica de muestreo...
- ... mediante histogramas multidimensionales...
- ... al codigo de simulacion de fuentes Monte Carlo KDSOURCE

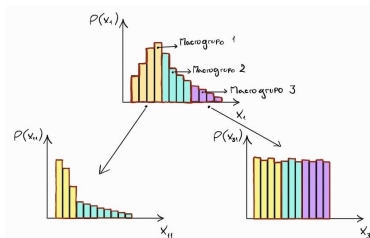


Introducción: Técnica de muestreo



Idea: a partir de una simulación Monte Carlo donde se registran las partículas que atraviesan una superficie de registro se obtiene un surface track original. Luego se genera un surface track sintético de mayor tamaño para continuar la simulación desde esa superficie en adelante.

Introducción: Histogramas multidimensionales



Idea: realizar un histograma de la primer variable para luego subdividir la variable en macro grupos. Luego se realiza subsiguientes histogramas de la siguiente variable para cada macro grupo. Se repite el proceso hasta formar un arbol de histogramas multidimensionales. Esto se realiza para poder obtener aproximaciones de la distribucion de probabilidad de las variables de interes mientras se conserva la correlacion entre las variables.

Introducción: Código de simulación de fuentes Monte Carlo KDSource



Idea: KDSource es un código de simulación de fuentes de Monte Carlo que se formuló en la tesis de maestría de Inti Osiris Abbate para el código de fuente libre OpenMC.

El mismo actualmente permite simular fuentes de neutrones y fotones a través del método KDE. Se planea aprovechar la plataforma de KDSource para incorporar las técnicas de muestreo mediante histogramas multidimensionales.

2. Motivación

Motivación

En problemas de transporte de radiación aplicados a calculo de blindajes y extraccion de haces de neutrones se presenta la necesidad de obtener el flujo de radiacion a grandes distancias del nucleo del reactor. Ademas, el calculo de blindajes trae el problema intrinseco de querer obtener el flujo de radiacion en puntos donde se espera que haya bajo flujo. La forma de reducir el tiempo de calculo en estos problemas es la incorporacion de tecnicas de reducción de varianza. Con estas es posible obtener tiempos razonables de simulación. Con este objetivo se plantea la incorporacion de tecnicas de muestreo mediante histogramas multidimensionales al codigo de simulacion de fuentes de Monte Carlo KDSOURCE.



3. Resultados preliminares

Resultados preliminares

Avances hasta el momento:

- Interiorización del problema y de las técnicas a incorporar
- Creación de un metodo para la aproximación de la distribucion de probabilidad de las variables de interes a traves de histogramas multidimensionales en Python. Por el momento requiere del usuario para la seleccion de parametros y funciona por fuera del codigo de KDSOURCE.
- Creación de un metodo para la generación de listas de particulas sinteticas a partir de los histogramas multidimensionales en Python. Por el momento falta traducirlo a C para incorporarlo al codigo de KDSOURCE.
- Obtención de resultados preliminares en un ejemplo de simulacion de un canal de extraccion de neutrones.
- Todo el trabajo se ha realizado para neutrones, excluyendo los fotones.



Resultados preliminares: Histogramas multidimensionales

Histogramas macro:

- Permiten agrupar particulas segun su similitud por variables.
- En caso de tomar menos macrogrupos se obtiene mayor estadistica, a costa de perder correlacion entre variables.
- El usuario debe seleccionar la cantidad de macrogrupos, el orden del tratamiento de las variables y, de forma opcional, limites de macrogrupos manuales. Por ejemplo, limites geometricos del canal de extracción.

Input tipico:

```
orden_columnas = ['letargia', 'x', 'y', 'mu', 'phi']  
macro_grupos = [6,5,5,4]
```



Resultados preliminares: Histogramas multidimensionales

Histogramas macro - Input típico:

```
orden_columnas = ['letargia', 'x', 'y', 'mu', 'phi']  
macro_grupos = [6,5,5,4]
```

- Se obtiene un histograma macro de 6 grupos en letargia
- Luego se obtienen un histograma macro de 5 grupos en x para cada grupo en letargia. En total 30 grupos en x.
- Luego se obtienen un histograma macro de 5 grupos en y para cada grupo en x. En total 150 grupos en y.
- Luego se obtienen un histograma macro de 4 grupos en mu para cada grupo en y. En total 600 grupos en mu.
- Total: $1 + 30 + 150 + 600 = 781$ grupos macro en estructura de arbol.

Luego, para cada grupo macro se obtiene un histograma micro de la variable de interes.



Resultados preliminares: Histogramas multidimensionales

Histogramas micro:

- Para cada macro grupo se obtiene un histograma micro de la variable de interes.
- A partir del histograma se normaliza y se obtiene la distribucion de frecuencia acumulada.
- La elección del numero de microgrupos es un compromiso entre obtener una buena aproximacion de la distribucion de probabilidad y no copiar el ruido estadistico.

A partir de este enfoque de macro y micro histogramas se logra aproximas la correlacion intrinseca entre las variables de interes.

Luego es posible muestrear listas de particulas sinteticas a partir de los histogramas multidimensionales, utilizando numeros pseudoaleatorios y las funciones de frecuencia acumulada.



Resultados preliminares: Muestreo de particulas

- Para cada variable se genera un numero pseudoaleatorio entre 0 y 1 y se interpola la inversa de la funcion de frecuencia acumulada para obtener el valor de la variable.
- Una vez obtenido el valor de la variable, se selecciona el macro grupo correspondiente y se obtiene la funcion de frecuencia acumulada correspondiente para la siguiente variable.
- Se repite el proceso hasta obtener todas las variables de interes.
- Se generan N particulas sinteticas y se exportan con formato .h5 para poder ser leidas como fuente por OpenMC.
- Se contrasta el resultado de la simulacion de la lista de particulas original y la lista de particulas sinteticas.



Resultados preliminares: Ejemplo de aplicacion

Por ultimo comentar el ejemplo de aplicacion que venimos trabajando y los resultados parciales que hemos obtenido. Entre ellos comentar diferencias entre incorporar o no los limites manuales de los macrogrupos (geometricos y en letargia). Ademas comentar diferencias entre diferente cantidad de micro y macrogrupos. Y tambien entre mayor o menor cantidad de particulas registradas. Ademas comentar del tubo de vacio y características delficas de la fuente que estamos utilizando (delta en μ y en letargia). Ademas comentar que miramos el flujo a traves de la dimension de propagacion (total, agua y vacio) y que se observa el espectro al final del tubo (total, agua y vacio).



4. Conclusiones preliminares y trabajo futuro

Conclusiones preliminares y trabajo futuro

BORRADOR:

Comentar las características delicas de la fuente que estamos utilizando (delta en μ y en letargia). Hablar sobre la ventaja de utilizar histogramas en vez de gaussianas para seguir este tipo de fenomenos. Comentar que es relevante porque luego de un colimador el haz es bastante monodireccional. Ver de simular un caso real donde el haz no es 100 % monodireccional sino que tiene algun grado de dispersion.

Hablar sobre la incorporacion de seleccion de parametros automaticos (tal vez decir que lo de la distancia KL).

Hablar sobre la incorporacion a la API de KDSOURCE el metodo de muestreo de particulas sinteticas.

Hablar sobre la traduccion del muestreo a C y el acople on the fly.

Aplicacion en el conducto N5 del RA6 para la simulacion del CHOPPPER.

