

# Práctica 2. “Algoritmos probabilísticos y aleatorios”

Miriam Pescador Rojas

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación,  
Análisis de Algoritmos, ESCOM-IPN  
(email: miriam.pescador@gmail.com)

## I. INTRODUCCIÓN

Un algoritmo se dice aleatorizado si usa algún grado de aleatoriedad como parte de su lógica.

En este tipo de algoritmos el tiempo de ejecución o su salida se convierten en variables aleatorias.

Con base en el tiempo de ejecución y la salida de los algoritmos aleatorizados como variables aleatorias, podemos definir dos tipos de algoritmos:

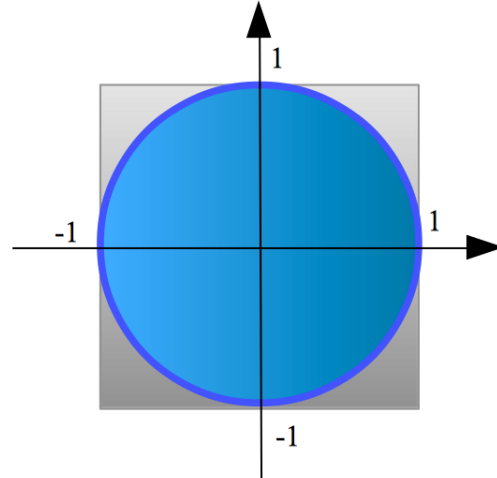
- *Las Vegas*: algoritmos que siempre entregan el resultado correcto, pero cuyo tiempo de ejecución varía (incluso para la misma entrada de datos). Un algoritmo Las Vegas se dice eficiente si su tiempo esperado de ejecución es polinomial para cualquier entrada.
- *Monte Carlo*: algoritmos que pueden entregar resultados incorrectos con una probabilidad acotada. Podemos disminuir esta probabilidad de error repitiendo el algoritmo a expensas del tiempo de ejecución. Un algoritmo Monte Carlo se dice eficiente si su tiempo de ejecución en el peor caso es polinomial para cualquier entrada.

### A. Método de Monte Carlo aplicado a búsquedas

Los Métodos de Monte Carlo se basan en la analogía entre probabilidad y volumen. Las matemáticas de las medidas formalizan la noción intuitiva de probabilidad, asociando un evento con un conjunto de resultados y definiendo que la probabilidad del evento será el volumen o medida relativa del universo de posibles resultados. Monte-Carlo usa esta identidad a la inversa, calculando el volumen de un conjunto interpretando el volumen como una probabilidad. En el caso más simple, esto significa muestrear aleatoriamente un universo de resultados posibles y tomar la fracción de muestras aleatorias que caen en un conjunto dado como una estimación del volumen del conjunto. La ley de grandes números asegura que esta estimación converja al valor correcto a medida que aumenta el número de muestras. El teorema del límite central proporciona información sobre la magnitud del probable error en la estimación después de un número finito de muestras.

En un proceso estándar de Monte Carlo tenemos los siguientes pasos:

- Se generan un gran número de simulaciones aleatorias desde la posición del tablero para la que se desea encontrar el mejor movimiento siguiente.
- Se almacenan las estadísticas para cada movimiento posible a partir de este estado inicial.
- Se devuelve el movimiento con los mejores resultados generales.



Un ejemplo común de la aplicación de método Monte Carlo es la aproximación del valor de  $\pi$ , para ello tenemos que considerar un círculo unitario (radio=1) dentro de un cuadrado con los lados iguales a 2 (véase la figura 1). Si escogemos un punto al azar  $(x, y)$  donde  $x$  y  $y$  están definidos en el rango  $[-1, 1]$ , la probabilidad de que este punto al azar se encuentre dentro del círculo unitario se da como la proporción entre el área del círculo unitario y el cuadrado:

$$P(x^2, y^2 \leq 1) = \frac{A_{\text{circle}}}{A_{\text{square}}} = \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

Si escogemos puntos al azar  $N$  veces y  $M$  de esas veces el punto cae dentro del círculo unitario, la probabilidad de que un punto al azar caiga dentro de dicho círculo esta dado por:

$$P'(x^2, y^2 \leq 1) = \frac{M}{N} \quad (2)$$

Por lo tanto consideramos la siguiente ecuación para el calculo de  $\pi$ :

$$H(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } x^2 + y^2 \leq 1 \\ 0 & \text{in other case} \end{cases} \quad (3)$$

### B. Desarrollo (sección 1. Monte Carlo)

- Pruebe el código en python proporcionado y ejecute pruebas para  $N = 100, 1000, 10000, 100000, 1000000$ , muestre cuáles son los valores que obtiene para  $\pi$  en cada caso.

- Implemente el método de Monte Carlo para resolver integrales. Utilice la siguiente formula:

$$\frac{b-a}{n} \sum_{i=1}^n f(u_i(b-a) + a) \quad (4)$$

donde  $a$  y  $b$  son los límites inferior y superior de una integral,  $u_i$  es un valor aleatorio generado entre  $[0, 1]$  y  $f$  se refiere a la función a integrar.

Considere las siguientes integrales para probar su implementación:

$$f_1(x) = \int_0^1 (1-x^2)^{3/2} \cdot dx \quad (5)$$

$$f_2(x) = \int_{-1}^1 e^{x+x^2} \cdot dx \quad (6)$$

$$f_3(x) = \int_0^2 (1+x^2)^2 \cdot dx \quad (7)$$

$$f_4(x) = \int_0^{2\pi} \frac{1}{\cos(x) + 2} \cdot dx \quad (8)$$

$$f_5(x) = \int_0^2 \log(x) \cdot dx \quad (9)$$

Deberá desarrollar una simulación donde se muestre paso a paso la generación de números aleatorios y su graficación en la función correspondiente. Ver ejemplo en figura I-B y consulte las páginas web:

- <https://www.scratchapixel.com/lessons/mathematics-physics-for-computer-graphics/monte-carlo-methods-in-practice/monte-carlo-methods>
- <https://www.scratchapixel.com/lessons/mathematics-physics-for-computer-graphics/monte-carlo-methods-in-practice/monte-carlo-integration>

### C. Desarrollo (sección 2. Las Vegas )

Para poner en práctica el algoritmo las vegas se implementaran dos ejercicios:

- 1) Algoritmo de Quick-sort. Modifique el algoritmo de Quick sort Por cada llamada recursiva seleccione al azar el pivote, compare si hay mejora respecto a su versión original para el caso promedio y reporte el tiempo de ejecución para los siguientes casos  $n = 1000, 2000, 3000, \dots, 10,000$  ( $n$  es el número de elementos en un arreglo).
- 2) El problema de las 8 reinas. Se requiere generar una solución correcta al problema de las 8 reinas de acuerdo a las siguientes reglas.

El problema de las 8 reinas consiste en colocar las piezas en un tablero de ajedrez sin que se amenacen entre sí. En el juego de ajedrez la reina amenaza a aquellas piezas que se encuentren en su misma fila, columna o diagonal.

Para resolver este problema emplearemos un esquema de algoritmo Las vegas. Se supondrá que hay un cierto número de piezas colocadas en forma correcta (sin atacarse) y se

generará el resto de las piezas al azar. Considere las siguientes configuraciones predefinidas e implemente un algoritmo que genere las otras reinas de manera aleatoria.

Reporte en una tabla el porcentaje de éxitos del algoritmo de acuerdo a los casos presentados en la tabla I-C

TABLE I  
CASOS PARA EL PROBLEMA DE LAS 8 REINAS

Soluciones aleatorias	Reinas aleatorias			
	8	5	4	3
10,000				
50,000				
100,000				
1,000,000				

La práctica puede realizarse en equipos de 2 personas. La entrega de la práctica es por correo electrónico para el próximo viernes 28 de febrero (11:59 pm) de 2020. Deberá enviar el código fuente y un reporte en formato latex.

Aproximación de integrales por el método de Monte Carlo

Seleccione integral:

select...

Rangos a:

b:

Calcula integral exacta

1.6559

Ingresa num. de aleatorios (N):

Calcula Integral aproximada

1.598

**Simula**

Fig. 1. Ejemplo de interfaz gráfica para simular aproximación a integrales

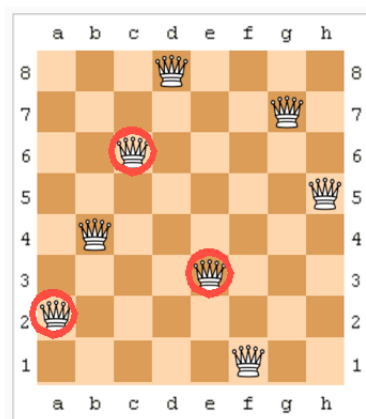


Fig. 2. Tablero con 3 reinas preestablecidas.

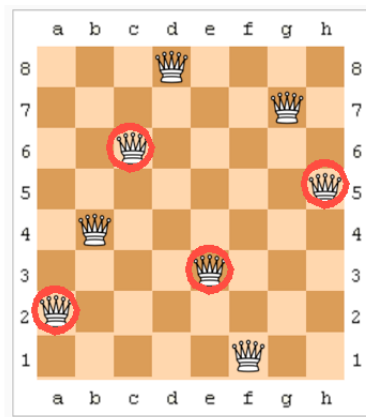


Fig. 3. Tablero con 4 reinas preestablecidas.

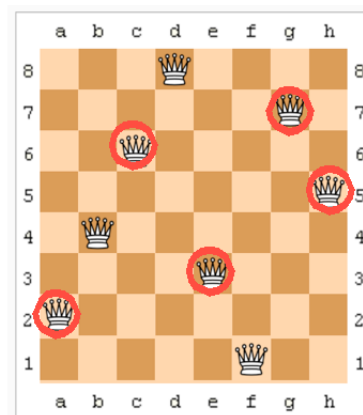


Fig. 4. Tablero con 5 reinas preestablecidas.