

# TRAINING COURSE

## MONTE CARLO AND ADVANCED SIMULATION METHODS

### PROVIDED BY JOHN VON NEUMANN INSTITUTE - VNUHCM

#### I. GIỚI THIỆU KHÓA HỌC

Các phương pháp Monte Carlo là thành phần chính của nhiều thuật toán số được sử dụng rộng rãi trong Kinh tế lượng, Tài chính, Sinh học và tất cả các lĩnh vực được liên kết với Thống kê và Machine Learning. Ví dụ, trong Thống kê Bayes, các tham số được mô hình dưới dạng biến ngẫu nhiên nhằm mô tả chính xác sự biến động của tổng thể khi dữ liệu được cập nhật theo thời gian hoặc trên các trường không gian khác nhau. Các suy luận trên mô hình được thực hiện từ kiến thức tiên nghiệm về tham số và từ một bộ dữ liệu cho trước. Để có được các biểu thức số dưới dạng kỳ vọng của một hàm mục tiêu cụ thể theo phân phối hậu nghiệm, một số thuật toán tính toán hiệu quả cần được quan tâm.

Trong khóa học này, chúng tôi cung cấp một số cách lấy mẫu chính xác hoặc xấp xỉ từ phân phối mục tiêu. Hiệu suất của các thuật toán này thường được đo bằng sai lệch trung bình và chúng tôi cũng giới thiệu các phương pháp cho phép giảm đáng kể sai lệch trung bình, do đó nâng cao chất lượng của phép tính xấp xỉ. Trong suốt khóa học, nhiều hình ảnh minh họa bằng Python giúp nắm bắt các thuật toán khác nhau được giới thiệu.

#### II. KIẾN THỨC ĐẠT ĐƯỢC

- Đề xuất một số cách để cung cấp các mẫu gần đúng từ phân phối mục tiêu.
- Nắm được cơ bản của phương pháp Monte Carlo và xác định được các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng của các xấp xỉ.
- Đề xuất một số phương án làm giảm phương sai của sai số.

#### III. KẾT QUẢ ĐẦU RA

Vào cuối khóa học này, sinh viên sẽ có thể

- Đề xuất một số cách để cung cấp các mẫu gần đúng từ phân phối mục tiêu.
- Nắm được cơ sở của phương pháp Monte Carlo và xác định các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng của các xấp xỉ.
- Đề xuất một số biến thể làm giảm sai lệch trung bình.

#### IV. ĐỐI TƯỢNG THAM GIA

- Chuyên viên phân tích kinh doanh, phân tích rủi ro, phân tích dữ liệu;
- Kỹ sư đánh giá, nhà quy hoạch và nhà kinh tế;
- Chuyên viên quản lý rủi ro trong các ngân hàng, công ty bảo hiểm, quỹ cũng như bộ phận tài chính của các tổ chức phi tài chính.

#### V. GIẢNG VIÊN

- Lecturer in charge of the course:
  - Prof. Randal Douc

Full Professor in Applied Mathematics in the engineering school Télécom Sudparis, France.

Cell phone: 00 33 (0)1 60 76 45 29

Email: [randal.douc@it-sudparis.eu](mailto:randal.douc@it-sudparis.eu)

- Lecturers participating in the course:

- Dr. Tran Trung Minh, John von Neumann Institute, Vietnam National University of Ho Chi Minh City.

# PHỤ LỤC 1: MỤC LỤC

- 1. Kiến thức chuẩn bị**
- 2. Lý thuyết về đo lường và tích phân Lebesgue**
  - 2.1. Sigma-fields, độ đo và xác suất
  - 2.2. Tích phân, biến ngẫu nhiên, kỳ
  - 2.3. Sự hội tụ
  - 2.4. Một số phân phối phổ biến
- 3. Giới thiệu phương pháp Monte Carlo**
  - 3.1. Nguyên lý của phương pháp
  - 3.2. Ứng dụng định lý Giới hạn trung tâm cho Monte Carlo
- 4. Phương pháp lấy mẫu chính xác và xấp xỉ**
  - 4.1. Lấy mẫu chính xác
  - 4.2. Lấy mẫu xấp xỉ
- 5. Thuật toán Metropolis-Hastings**
  - 5.1. Không gian chính tắc
  - 5.2. Thuật toán Metropolis-Hastings
  - 5.3. Tính duy nhất của độ đo xác suất
- 6. Kỹ thuật làm giảm sai số**
  - 6.1. Importance Sampling
  - 6.2. Antithetic variates
  - 6.3. Control Variates
  - 6.4. Conditioning
  - 6.5. Stratified sampling
  - 6.6. Quasi Monte Carlo methods
- 7. Bài tập**

## PHỤ LỤC 2: THỜI KHÓA BIỂU

Day	Date	8.30-10.00	10.15-11.45	13.00-14.30
1	Monday, 19 June	Lecture	Tutorial	Computer Session
2	Tuesday, 20 June	Lecture	Tutorial	Computer Session
3	Wednesday, 21 June	Lecture	Tutorial	
4	Thursday, 22 June	Lecture	Tutorial	Computer Session
5	Friday, 23 June	Lecture	Tutorial	Computer Session
6	Saturday, 24 June	Lecture	Tutorial	

- Day 1: 4H30
  - Lecture 1H30: Recap on Measures, Integration, Random Variables, independence, LLN.
  - Tutorial 1H30: Exercises
  - Computer 1H30: Histograms and sampling of random variables. LLN.
- Day 2: 4H30
  - Lecture 1H30: Central Limit Theorem, Confidence interval, Slutsky's lemma.
  - Tutorial 1H30: Exact sampling, quantile function. Rejection sampling: exercise.
  - Computer 1H30. CLT and confidence intervals. Exact sampling.
- Day 3: 3H
  - Lecture 1H30: Approximate sampling, Importance sampling. Monte Carlo by Markov chains.
  - Tutorial 1H30: Approximate sampling, Markov chains, exercises.
- Day 4: 4H30
  - Lecture 1H30: Variance reduction (I): antithetic and control variates.
  - Tutorial 1H30: Markov chains and antithetic variables.
  - Computer 1H30: Importance sampling and MCMC.
- Day 5: 4.30h
  - Lecture 1H30: Variance reduction (II): conditioning, stratified sampling
  - Tutorial 1H30: Exercises on variance reduction.
  - Computer 1H30: Variance reduction (II)
- Day 6: 3H
  - Lecture 1H30: Other approximate sampling methods (Variational Inference).
  - Tutorial 1H30: Exercise.