# GIỚI THIỆU BÀI TOÁN

## Phần mở đầu

Trong bài tập này, chúng ta xây dựng một mô hình kết hợp giữa Hierarchical Hidden Markov Model (HHMM) và Kalman Filter để phân tích và dự báo chuỗi thời gian đa tầng (multi-resolution). HMM được sử dụng để nhận diện các trạng thái ẩn trong chuỗi thời gian, trong khi Kalman Filter đảm nhận vai trò làm mượt và nâng cao độ chính xác của các giá trị dự đoán bằng cách liên tục cập nhật ước lượng trạng thái từ các quan sát.

## Nội dung và mục tiêu bài toán

* Mục tiêu chính là phát triển mô hình HHMM-Kalman Filter nhằm:
* Phân tích cấu trúc ẩn của chuỗi thời gian bằng HMM;
* Kết hợp bộ lọc Kalman để làm mượt và dự báo dữ liệu trong điều kiện có nhiễu;
* Đánh giá hiệu suất dự đoán thông qua chỉ số sai số bình phương trung bình (MSE) và biểu đồ trực quan.

## Dữ liệu và xử lý đầu vào

Dữ liệu sử dụng là chuỗi số ngẫu nhiên được sinh bằng phân phối chuẩn tích lũy. Trước khi đưa vào mô hình, chuỗi sẽ được chuẩn hóa về trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1 để đảm bảo quá trình huấn luyện hiệu quả và ổn định hơn.

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## Mô hình Hidden Markov (HMM)

Hidden Markov Model là một mô hình xác suất, trong đó hệ thống có các trạng thái ẩn không thể quan sát trực tiếp. Thay vào đó, ta có thể gián tiếp suy luận trạng thái thông qua chuỗi quan sát. HMM thường được ứng dụng trong nhận dạng mẫu, phân tích chuỗi thời gian, và xử lý tín hiệu.

## Bộ lọc Kalman (Kalman Filter)

Kalman Filter là một phương pháp tối ưu trong việc ước lượng trạng thái của các hệ thống tuyến tính với nhiễu Gaussian. Với mỗi bước quan sát, Kalman Filter sử dụng thông tin từ mô hình động học và đo lường để cập nhật trạng thái hiện tại, giúp giảm nhiễu và làm mượt dữ liệu hiệu quả.

# THUẬT TOÁN

## Tạo dữ liệu chuỗi thời gian

* Sinh ngẫu nhiên chuỗi số bằng phân phối chuẩn (np.random.randn()).
* Tính tổng tích lũy để tạo chuỗi dạng "Random Walk".
* Chuẩn hóa chuỗi về trung bình 0, độ lệch chuẩn 1 để tăng hiệu quả huấn luyện.

## Kalman filter

Dự đoán:

Cập nhật:

## HMM

 Dự đoán trạng thái ẩn dựa trên xác suất phát sinh (Gaussian) + ma trận chuyển trạng thái.

 Cập nhật xác suất trạng thái bằng phương pháp xác suất có điều kiện.

## Kết hợp hmm + kalman

* Dùng HMM để xác định trạng thái hệ thống tại mỗi thời điểm.
* Áp dụng Kalman Filter để dự đoán giá trị tương ứng.
* Lưu kết quả ước lượng Kalman theo từng bước.

## Vẽ và đánh giá kết quả

* Vẽ biểu đồ: quan sát thực tế vs. dự đoán Kalman.
* Đánh giá sai số bằng MSE (viết tay).