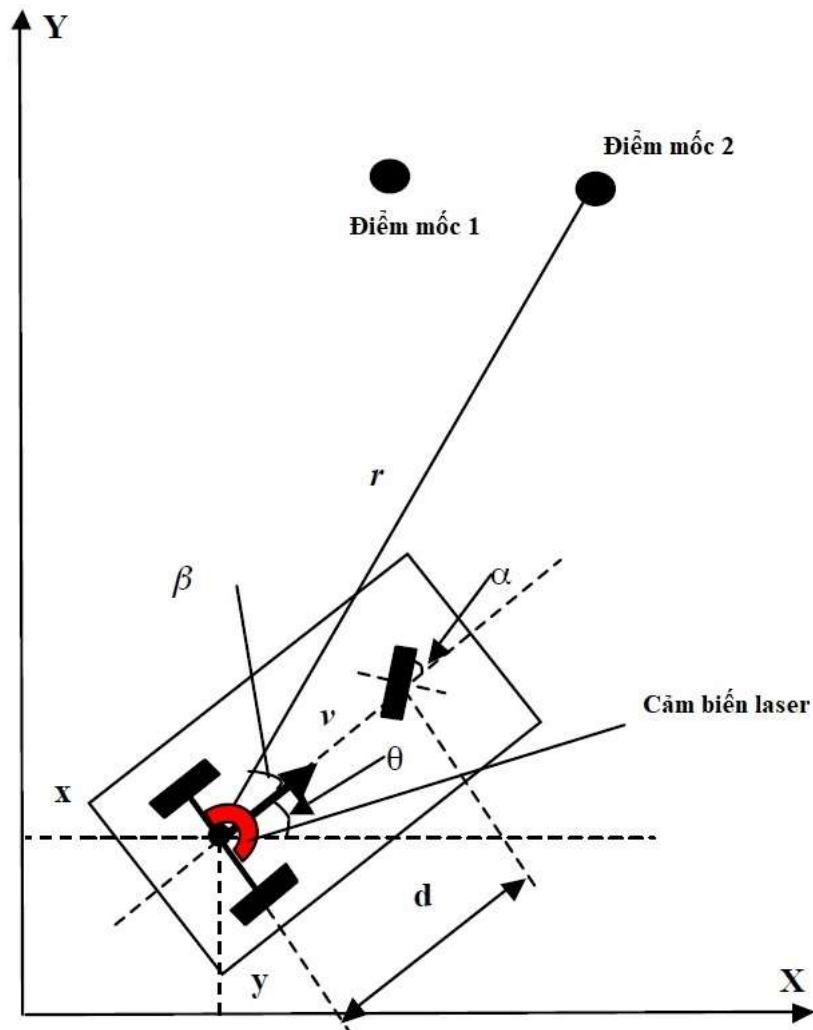




## Giải thuật cho robot thông minh

### Bài tập lớn giữa kỳ

Cho một robot kiểu 3 bánh như trong hình 1. Thông thường, có hai kiểu điều khiển robot này. Kiểu thứ nhất sử dụng bánh trước để đồng thời điều hướng và điều khiển tốc độ. Kiểu thứ hai sử dụng bánh trước để điều hướng còn bánh sau để điều khiển tốc độ. Cho biết chiều dài trục cơ sở của robot là  $d = \sqrt{2,5 + 0,1G}$  trong đó  $G$  là số thứ tự nhóm của sinh viên.



Hình 1: Robot kiểu 3 bánh được trang bị cảm biến laser trong môi trường có các điểm mốc.

### Phần I: Mô phỏng động học và điều khiển chuyển động của robot

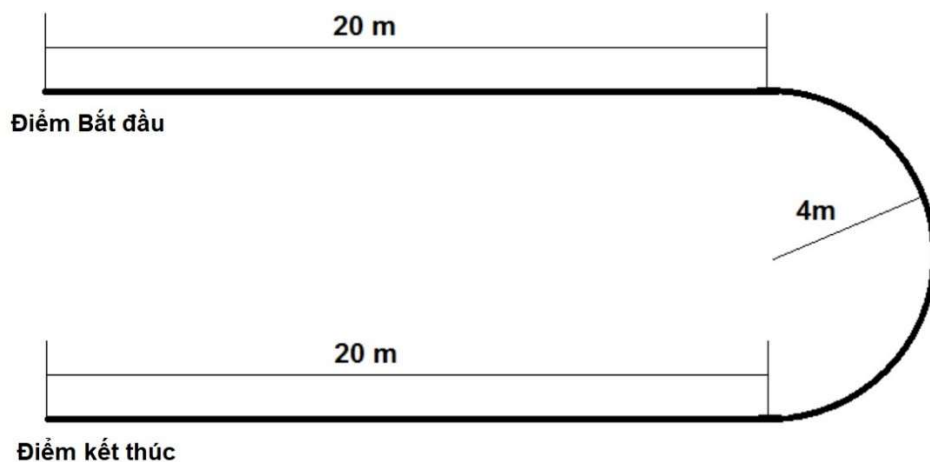
- Thực hiện các bước tính toán chi tiết để tìm phương trình động học của cả hai kiểu robot nêu trên.
- Giả thiết rằng vận tốc cực đại của robot là  $\pm(1,5 + 0,03G) \text{ m/s}$ , gia tốc cực đại là  $\pm(0,2 + 0,01G) \text{ m/s}^2$  ( $G$  là số thứ tự nhóm), góc lái cực đại là  $\pm\pi/4 \text{ rad}$ , và vận tốc góc

lái cực đại là  $\pm 0,3 \text{ rad/s}$ . Sử dụng MATLAB SIMULINK để biểu diễn mô hình động học của robot và thực hiện mô phỏng hoạt động của cả hai loại robot trong các trường hợp sau:

- Robot chuyển động với vận tốc và góc lái cố định.
- Robot chuyển động với vận tốc cố định nhưng có góc lái thay đổi một cách tuyến tính theo thời gian.
- Robot chuyển động với cả vận tốc và góc lái thay đổi một cách tuyến tính theo thời gian.

Với mỗi phần cần ít nhất trình bày sơ đồ mô phỏng, đồ thị kết quả chuyển động và nhận xét.

- Robot được yêu cầu bám theo quỹ đạo như trong hình 2. Hãy thực hiện các tác vụ sau trên robot 3 bánh **kiểu thứ 2** sử dụng mô hình mô phỏng xây dựng ở phần trước.
  - Thiết kế bộ điều khiển vòng hở để robot bám theo quỹ đạo trong điều kiện lý tưởng không có nhiễu với vận tốc và góc lái.
  - Áp dụng bộ điều khiển vòng hở kể trên trong điều kiện góc lái bị nhiễu với độ lệch bằng  $5^\circ$ . Nhận xét về kết quả thu được.
  - Thiết kế một bộ điều khiển vòng kín để điều khiển robot bám theo quỹ đạo trên trong hai trường hợp không có nhiễu và có nhiễu như phần 3a và 3b. Nhận xét về kết quả thu được. Khuyến khích (cộng điểm) cho nhóm sinh viên thiết kế bộ điều khiển ngoài các phương pháp điều khiển đã trình bày trong bài giảng.



Hình 2: Quỹ đạo robot cần bám theo

Với mỗi phần cần ít nhất trình bày sơ đồ mô phỏng, đồ thị kết quả chuyển động, sai số và nhận xét.

## Phần II: Định vị sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng

Trong phần này, robot 3 bánh kiểu thứ 2 (bánh trước điều hướng, bánh sau truyền động) được sử dụng. Giả thiết rằng các tín hiệu điều khiển vận tốc  $v$  và hướng  $\alpha$  bị ảnh hưởng bởi nhiễu Gauss có trị trung bình bằng 0 và phương sai lần lượt là  $\sigma_v = 2,5 \times 10^{-3} (m^2/s^2)$  và  $\sigma_\alpha = 3,6 \times 10^{-3} (rad^2)$ .

Để tăng cường khả năng định vị, robot được trang bị một cảm biến đo xa laser gắn tại tâm của robot như trong hình 1. Cảm biến này có thể đo khoảng cách  $r$  và góc  $\beta$  giữa robot và các điểm mốc trong môi trường làm việc của robot. Nhiễu đo của cảm biến này có trị trung bình bằng 0 và các phương sai lần lượt là  $\sigma_r = 10^{-6}(m^2)$  và  $\sigma_\beta = 7,62 \times 10^{-5}(rad^2)$ .

Cho biết có 2 điểm mốc trong môi trường làm việc của robot với các tọa độ là (3;4) và (4;4) m. Vị trí ban đầu của robot là (0,0,0). Thời gian lấy mẫu của bộ điều khiển và cảm biến là 0,05 giây. Các tín hiệu điều khiển (khi chưa bị nhiễu) được thiết lập là vận tốc  $v = 0,1 \text{ m/s}$  và góc lái  $\alpha = 0.2 \text{ rad}$ .

1. Tìm phương trình động học và phương trình các phép đo của robot trong miền thời gian rời rạc.
2. Tìm các phương trình để tính tư thế (vị trí và hướng) của robot sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng.
3. Viết chương trình MATLAB để ước lượng vị trí và hướng của robot sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng tính ở phần trên. Sinh viên cần trình bày các kết quả sau trong báo cáo:
  - Vẽ đồ thị so sánh các kết quả giữa bộ lọc Kalman với đường đi thực và đường đi dự đoán của robot.
  - Vẽ đồ thị so sánh sai số theo các phương x, y và  $\theta$  của kết quả giữa bộ lọc Kalman và đường đi dự đoán.
  - Nhận xét về các kết quả cũng như hiệu quả của bộ lọc Kalman.

#### Lưu ý quan trọng:

Các file tín hiệu điều khiển thực tế và các giá trị đo trong 40 giây của robot được cung cấp kèm theo đề bài này trên website môn học. File tín hiệu điều khiển (contrlsig.mat) là giống nhau cho tất cả các nhóm. Tuy nhiên, file các giá trị đo đã được đánh số riêng cho từng nhóm (measdat#.mat, trong đó # là số thứ tự nhóm). Các giá trị điều khiển và đo này đều đã bị ảnh hưởng bởi nhiễu như cho ở trong đề bài.

File tín hiệu điều khiển “contrlsig.mat” gồm hai hàng, hàng thứ nhất biểu diễn vận tốc và hàng thứ hai biểu diễn góc lái. File giá trị đo “measdat#.mat” gồm 4 hàng, hai hàng đầu biểu diễn giá trị khoảng cách và hai hàng sau biểu diễn giá trị góc tới hai điểm mốc (landmark) được cho trong bài.

Lưu ý thêm rằng file “contrlsig.mat” chỉ dùng cho mục đích tính đường thực của robot để so sánh kết quả. Nó hoàn toàn không được sử dụng trong quá trình cài đặt bộ lọc Kalman.

#### Hình thức đánh giá:

Các sinh viên làm việc theo nhóm, **mỗi nhóm gồm 2 người**. Việc đánh giá (chấm điểm) gồm hai phần:

##### **Phần 1 (40% tổng điểm): Kiểm tra theo hình thức vấn đáp tại tuần 7.**

Mỗi nhóm trình bày kết quả tính toán và lập trình của mình trực tiếp trước giảng viên. Giảng viên có thể đặt câu hỏi cho mỗi sinh viên trong nhóm. Việc cho điểm là riêng cho từng sinh viên trong nhóm.

**Phần 2 (60% tổng điểm): Viết báo cáo và nộp qua website môn học. Hạn nộp là 31/10/2021.**

Báo cáo cần được đánh máy và trình bày theo quy chuẩn của tài liệu khoa học. Một số điểm cần lưu ý cụ thể như sau:

- Các phương trình cần được đánh số.
- Các hình vẽ cần được đánh số và có chú thích. Mỗi hình vẽ đưa vào cần được nhắc đến trong phần viết.
- Các đồ thị cần có đầy đủ trục tung, trục hoành, và đơn vị. Nếu đồ thị có từ hai đường trở lên, cần có chú thích ý nghĩa của mỗi đường.
- Với kết quả/câu trả lời cho mỗi phần (ví dụ Phần I câu 2a), cần có nhận xét (mang tính kĩ thuật) cho kết quả đó. Ví dụ kết quả có hợp lý hay không? Tại sao? hay liệu kết quả có thể mở rộng cho các trường hợp khác...

Với mỗi lỗi trình bày mắc phải, báo cáo sẽ bị trừ 1 điểm. Điểm báo cáo là chung cho các sinh viên trong nhóm.