# Phân tích và công thức tính động học nghịch cho chân robot 3 bậc tự do

## 1. Giới thiệu

Động học nghịch là bài toán xác định các góc khớp khi đã biết trước vị trí mong muốn của bàn chân. Đây là bước trung gian quan trọng trong điều khiển robot, vì thay vì điều khiển trực tiếp góc khớp, ta lập quỹ đạo cho bàn chân và sử dụng công thức động học nghịch để suy ra góc khớp.

## 2. Mô hình và giả thiết

Xét một chân robot có 3 bậc tự do: q1 (abduction/adduction), q2 (hông pitch), q3 (gối pitch). Các đoạn: L2 = đùi (hip→knee), L3 = cẳng (knee→bàn chân). Gốc hệ toạ độ đặt tại khớp gốc q1, trục x (tiến–lùi), y (sang ngang), z (lên–xuống).

## 3. Các bước giải

Bước 1: Từ toạ độ chân (x, y, z), tính góc q1 để đưa chân về mặt phẳng x–z.  
Bước 2: Trên mặt phẳng x–z, giải bài toán tay máy 2R với hai đoạn L2, L3 để tìm q2 và q3.  
Bước 3: Kiểm tra điều kiện tồn tại nghiệm (điểm bàn chân nằm trong workspace).  
Bước 4: Đối chiếu bằng động học thuận để xác minh.

## 4. Công thức chi tiết

• Góc q1:

q1 = atan2(y, z)

• Sau khi quay, toạ độ mới:

x' = x ; z' = y\*sin(q1) + z\*cos(q1)

• Tính khoảng cách r:

r = sqrt(x'^2 + z'^2)

• Góc q3:

c3 = (r^2 - L2^2 - L3^2) / (2\*L2\*L3)  
q3 = atan2(±sqrt(1 - c3^2), c3)

• Góc q2:

q2 = atan2(z', x') - atan2(L3\*sin(q3), L2 + L3\*cos(q3))

## 5. Lưu ý thực tế

– Nghiệm có thể không duy nhất, cần chọn nghiệm phù hợp giới hạn khớp.  
– Nếu có offset dβ giữa khớp q1 và q2 thì hiệu chỉnh thêm: z' ← z' - dβ.  
– Cần tránh điểm kỳ dị khi chân duỗi thẳng hoặc gập tối đa.  
– Sau khi giải, luôn xác minh lại bằng động học thuận.

## 6. Tóm tắt

Công thức động học nghịch của chân robot 3 bậc tự do cho phép từ vị trí (x, y, z) suy ra các góc q1, q2, q3. Đây là nền tảng để điều khiển quỹ đạo bước đi của robot.