**1) Parâmetros de Denavit-Hatenberg segundo John Craig**

Este texto descreve uma versão da técnica de obtenção dos parâmetros de Denavit-Hatenberg descrita pelo livro Introduction to Robotics Mechanics, de John Craig. Para seguir a convenção deste, chamaremos os referenciais cartesianos dos elos de frames.

O objetivo deste texto é explicar o procedimento utilizado na obtenção dos parâmetros de Denavit-Hatenberg do braço robô.

**2) Elos intermediários (traduzido do livro)**

A convenção que usaremos para localizar os frames nos elos é a seguinte: o eixo do frame , chamado , é coincidente com o eixo da junta *i*. A origem do frame é localizada onde a perpendicular intersecta o eixo da junta *i*. aponta ao longo de na direção que vai da junta *i* para a junta *i* + 1.

No caso de , é normal ao plano de e . Nós definimos como sendo medido no sentido da mão direita em torno de e, portanto, vemos que a liberdade de escolher o sinal de , neste caso, corresponde a duas escolhas para o sentido de . é formado pela regra da mão direita para completar o *i*-ésimo frame. A figura 1 mostra a localização dos frames e para um manipulador genérico.



Figura 1: Frames de elo estão fixados de forma que o frame está firmemente fixo ao elo *i*.

**3) Primeiro e último elos (traduzido do livro)**

Nós fixamos o frame para a base do robô, ou elo 0, chamado frame . Este frame não se move; para o problema de cinemática de braço, ele pode ser considerado como o frame de referência. Podemos descrever a posição de todos os frames de elo em termos deste frame.

Frame é arbitrário, portanto sempre simplifica a questão escolher ao longo do eixo 1 e localizar o frame de forma que coincida com o frame quando a variável de junta 1 for zero. Usando esta convenção, sempre teremos e . Adicionalmente, isto assegura que , se a junta se a junta 1 for de revolução, ou se a junta 1 for prismática.

Para junta *n* revoluta, a direção de é escolhida de forma que se este alinhe com quando , e a origem do frame é escolhida de forma que . Para junta *n* prismática, a direção de é escolhida de forma que , e a origem do frame é escolhida na interseção entre e o eixo da junta *n* quando .

**4) Sumário dos parâmetros de elo em termos dos frames de elo (traduzido do livro)**

Se os frames de elo foram fixados aos elos de acordo com a nossa convenção, as seguintes definições dos parâmetros de elo são válidas:

;

;

; e

.

Usualmente, usamos , porque este corresponde a uma distância; no entanto, , e são quantidades com sinal.

Uma nota final sobre unicidade é garantida. A convenção descrita acima não resulta em uma fixação única dos frames aos elos. Primeiro de tudo, quando primeiro alinhamos o eixo ao eixo da junta *i*, há duas escolhas de sentido para o eixo apontar. Além disso, em caso de interseção dos eixos de junta (ou seja, ), existem duas escolhas para o sentido de , correspondendo à escolha de sinais para a normal ao plano contendo e . Quando os eixos *i* e *i*+1 são paralelos, a escolha do local da origem para é arbitrária (embora geralmente escolhida de forma a fazer ir para zero). Além disso, quando juntas prismáticas estão presentes, existe bastante liberdade na atribuição de frames.

**5) Sumário do procedimento de um frame a um elo (traduzido do livro)**

A seguir, é apresentado um resumo do procedimento a ser seguido quando confrontado com um novo mecanismo, para anexar os frames de elo:

1. Identifique os eixos de juntas e imagine (ou desenhe) linhas infinitas ao longo deles. Para os passos 2 a 5 abaixo, considere duas dessas linhas vizinhas (nos eixos *i* e *i*+1).
2. Identifique a perpendicular comum entre os eixos, ou ponto de interseção. No ponto de interseção, ou no ponto onde a perpendicular comum encontra o i-ésimo eixo, atribua a origem do frame do elo.
3. Atribua o eixo apontando ao longo do i-ésimo eixo de junta.
4. Atribua o eixo apontando ao longo da perpendicular comum, ou, se os eixos intersectam, atribua para ser a normal ao plano contendo os dois eixos.
5. Atribua para completar um sistema de coordenadas formado pela regra da mão direita.
6. Atribua para corresponder a quando a primeira variável de junta for zero. Para , escolha livremente um local para a origem e o sentido de , mas geralmente de forma a causar tantos parâmetros de elos quanto possíveis a ir para zero.

**6) Pontos considerados nos parâmetros DH para o braço robô**

Nos parâmetros exatos obtidos para o braço robô, temos as seguintes particularidades:

1. O frame foi escolhido de forma a considerar uma distância não nula, quebrando a regra do 2º parágrafo da seção 3 deste material referente a e, consequentemente, à origem do frame .
2. O frame foi escolhido de forma a considerar uma distância não nula, quebrando a regra do 3º parágrafo da seção 3 deste material referente à .

Fora isso, todo o restante do procedimento de obtenção dos parâmetros DH foi tal como descrito neste material na seção 5. O resultado disso foi que, ao considerar os ângulos de todas as juntas como zero, os segmentos L1 e L2 ficaram na horizontal, mas o segmento L3 ficou na vertical, com a garra apontando para baixo. Isso se deve ao fato do eixo ser sempre perpendicular ao eixo , de forma que, se o segmento L3 ficasse na horizontal, o ângulo entre os eixos e (que neste caso particular não seria o ângulo ) seria de . Via de regra, todos os eixos ficam paralelos entre si quando os ângulos de junta são zero.