**ROBÓTICA I**

**Trabajo Práctico N° 6**



**Alumnos:**

**Julián Andrés RAYES CANO, Leg. N° 13256**

**Juan Manuel BORQUEZ PEREZ, Leg. N° 13567**

**Ingeniería en Mecatrónica - UNCuyo**

**Jacobiano**

**Ejercicio TF (*obligatorio*): trabaje con su robot:**

**Trate de hallar el Jacobiano y el determinante simbólico de su robot.**

**Intente determinar los puntos singulares a partir del determinante simbólico. En caso de que no se puedan calcular (expresiones muy extensas), identifique al menos 3 mediante observaciones y análisis, y verifique que el determinante sea nulo en esos casos.**

**Estudie si en la aplicación elegida se trabajará en las proximidades de algún punto singular.**

En primer lugar se define al robot de forma simbólica definiendo la matriz de Denavit-Hartenberg en función de los parámetros simbólicos (archivo **“robot\_sym.m”**):

% Matriz simbólica de parámetros de Denavit-Hartenberg

syms d1 d4 d5 d6 a2 a3 real

dh = [0.0 d1 0 pi/2 0 ;

0.0 0 a2 0 0 ;

0.0 0 a3 0 0 ;

0.0 d4 0 pi/2 0 ;

0.0 d5 0 pi/2 0 ;

0.0 d6 0 0 0 ];

% Vector de variables articulares

syms q1 q2 q3 q4 q5 q6 real

q = [q1 q2 q3 q4 q5 q6];

En el archivo **“Ejercicio\_6.m”** se encuentran las operaciones y deducciones con el Jacobiano del robot.

* Singularidad de

Se obtiene la siguiente expresión para el Jacobiano igualado a cero:

De donde se deduce la **primera singularidad, que sucede cuando**  (n entero).

* Singularidad de

Multiplicando a la expresión anterior por 2 y dividiéndola por **asumiendo ahora que no es un valor singular,** obtenemos la siguiente expresión, que corresponde al paréntesis que siendo igual a cero podría anular también el determinante:

Se observa **una nueva singularidad, la cual se da para** **q3 = n\*pi** (n entero), ya que queda lo siguiente:

En donde los miembros de igual color se anulan mutuamente.

* Otras singularidades

La expresión se puede poner como:

Y se puede ver como:

En donde:





Si definimos:

Al desarrollar y operar, se pueden redefinir los factores A y B:





Los factores A y B son solo función de las variables , y para cualquier par de valores se obtiene un vector en el plano cuyas componentes son [A B] y para el que siempre se puede determinar la dirección normal.. El ángulo de esta dirección respecto del eje de abscisas indica el valor de en los puntos singulares.

Así, se puede obtener:

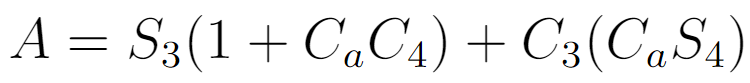
Como se podrá notar, esto da como resultado otro conjunto infinito de posibles valores singulares que se obtienen al recorrer los distintos pares de valores de .

Por ejemplo, para el siguiente conjunto de valores (q3,q4)=(1.1;0,8)[rad], se obtienen los valores de q2:

Los cuales cumplen con la anulación del determinante del Jacobiano.

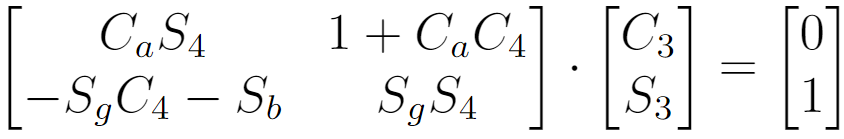
La última condición a considerar es la posibilidad de que A y B sean simultáneamente nulos para valores de no singulares.

Operando nuevamente con A y B se puede redefinir sin afectar la ecuación como:

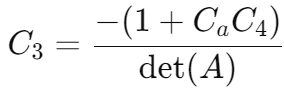




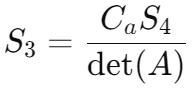
Al igualar ambos factores a cero de forma simultánea se puede obtener el siguiente sistema de ecuaciones:



Tomando como incógnitas del sistema, las expresiones de las soluciones son:



(c)



(d)

En donde es la matriz del sistema, y la expresión del determinante es:



Que también se puede expresar como:



Por otro lado, se debe cumplir la identidad . Al imponerla y desarrollar, obtenemos la siguiente ecuación considerando que el determinante es no nulo.





La ecuación anterior se puede expresar en la forma:

En donde los coeficientes son constantes dadas por:



https://quicklatex.com/cache3/0d/ql_8079451a0f92d8a884671af272eb130d_l3.png

https://quicklatex.com/cache3/89/ql_f04cdca85a8d32909773110782399589_l3.png

Lo que da soluciones en C4 dadas por:

Se puede observar que la segunda solución de C4 no es compatible con la imagen de la función coseno, por lo que queda descartada.

Ahora se procede a utilizar el valor válido de C4 para obtener 2 valores de q4, correspondientes a aquellos ángulos que satisfacen ese coseno.

Los cuales permitirán tomar las expresiones (c) y (d) para calcular un valor de q3 para cada valor de q4

El resultado de esto es:

Ambos pares de valores satisfacen la nulidad del determinante Jacobiano

Todas las singularidades mencionadas anteriormente pueden probarse en los scripts adjuntados a la entrega

La verificación de las singularidades correspondientes a las variables articulares q3 y q5 se encuentran en el script “Ejercicio\_6.m” y las correspondientes al conjunto infinito de singularidades dadas por q2 en función de q3 y q4, así como los dos pares de valores desarrollados al final de este informe, se encuentran en el script “singularidades” ya que, dada su mayor complejidad, merecían un código aparte para su tratamiento más ordenado.

A priori la aplicación parece no tener trayectorias que pasen por puntos singulares, aunque habría que ver cada caso particular, con la cinemática inversa de los puntos específicos de la simulación y observar el progreso del determinante del Jacobiano.