

## Laboratorio de Métodos Numéricos - Primer Cuatrimestre 2014

### Trabajo Práctico Número 3: Hay que poner un poquito mas de esfuerzo...

---

#### Introducción

Debido al éxito conseguido con el sistema de reconocimiento de barras, el Comité Ejecutivo de FIFA® ha aceptado otorgar a la Selección Argentina el beneficio de reforzar el equipo mediante el reemplazo de alguno de los *muertos* que se encargan de los aspectos defensivos del equipo por un robot, siempre y cuando siga las Tres Leyes de la Robótica [2].<sup>1</sup> Ante esta posibilidad, Sabella no dudó y se ha contactado con el Equipo de Desarrollos de Métodos Numéricos para, esta vez, colaborar para traer *la tan ansiada copa* a la Argentina luego de 28 años, desde aquella alegría del Diego. El análisis preliminar determinó que se deben estudiar y adaptar las técnicas utilizadas habitualmente en el *fútbol de robots* y desarrollar una herramienta que se llamará *Localized Trajectory Approximator* (LTA).

Uno de los problemas más importantes a resolver en este contexto es predecir con la mayor anticipación posible la posición futura de la pelota en función de su posición en el pasado reciente. Sobre la base de estas predicciones se coordinan los movimientos de los jugadores de campo y, en el caso que nos ocupa ahora, la posición del arquero cuando existe peligro de gol. Cuando la pelota se dirige hacia nuestro arco, es muy importante que ubiquemos el arquero en la posición exacta en la que la pelota cruzará la línea de gol, de manera que pueda interceptarla y evitar la caída de nuestra valla. El sistema de control de cada equipo suministra información en pasos discretos. En cada paso nuestras cámaras de video determinan la posición de la pelota, y debemos indicarle la acción a seguir al arquero.

Los postes del arco están ubicados en coordenadas fijas, y la línea de gol es el segmento entre estos dos puntos. Se marca un gol cuando la pelota cruza este segmento. Vistos desde arriba, la pelota es un círculo de radio determinado y el arquero se representa mediante un segmento paralelo a la línea de gol, ubicado sobre la misma. Inicialmente el arquero se encuentra en punto del plano, sobre la línea de gol, y en cada paso se le indica al arquero qué acción debe tomar. Las posibles acciones en cada instante de tiempo son dos: moverse hacia alguno de los lados, izquierda o derecha, una cantidad de pasos (acotada por un valor máximo  $\mu$ ), o quedarse quieto y no hacer nada.

Formalmente, consideraremos un horizonte discreto de tiempo  $0, 1, \dots, T$  en el cual se realiza el disparo y describiremos la trayectoria de la pelota mediante una función  $p : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^2$ ,  $p(t) = (x(t), y(t))$  que permite describir la posición de la pelota en función del tiempo. Tanto el arco, como los jugadores rivales y nuestro arquero se ubican en posiciones que representaremos con coordenadas  $(x_i, y_i)$  en el plano  $\mathbb{R}^2$ . En particular, nuestro arquero sólo se moverá sobre el eje  $y$ , manteniendo fija su coordenada  $x$  en la línea de gol. El objetivo del trabajo es en cada instante de tiempo reportar un valor  $z$ ,  $-\mu \leq z \leq \mu$  que indique cuánto y hacia dónde se desplaza el arquero respecto de la posición actual.

Debido a la tecnología utilizada para la detección de la pelota, un problema fundamental que debe enfrentarse es la presencia de ruido en las mediciones de la posición de la misma. El

---

<sup>1</sup>Se está considerando *darle hacha* a la rodilla de Neymar Jr. o de Alexis Sánchez en un eventual cruce con las selecciones hermanas.

sistema de visión está sujeto a vibraciones, golpes y errores de captura de datos, que hacen que las mediciones de la pelota sufran errores. Por otra parte, la pelota no siempre viaja hacia el arco en línea recta sino que puede describir curvas más o menos complicadas, dependiendo del “efecto” dado por el jugador al momento de impactar la pelota y de posibles curvaturas en la superficie del campo de juego.

Además de la información del arquero y la pelota, contaremos también con las posiciones de los jugadores rivales en la cancha. El objetivo de considerar esta información adicional radica en simular una situación de juego real. Para simplificar levemente el alcance en esta etapa asumiremos que la posición de los jugadores no varía con el tiempo, aunque sí pueden intervenir en el juego y desviar la pelota con un remate al arco o un pase a otro jugador.

### **Enunciado y competencia**

Se pide implementar un programa en C o C++ que resuelva el problema de determinar la posición del arquero utilizando técnicas y métodos vistos en la materia. Para ello, dada la posición inicial del arquero, los límites del arco, las posiciones de los jugadores del equipo rival y la evolución de la posición de la pelota (o su estimación) en distintos instantes de tiempo, deberá determinar qué acción debe realizar el arquero en cada momento con el objetivo final de atajar el disparo. Si bien los datos pueden tener ruido debido al sistema de captura, asumiremos que la última medición carece de error y representa la posición efectiva de la pelota.

El trabajo constará de al menos un método que pueda ser utilizado para predecir la posición futura de la pelota, implementado íntegramente por el grupo (incluyendo sus métodos de resolución). En caso de considerar más de una alternativa, es posible desarrollar los restantes métodos utilizando librerías públicas (por ejemplo, *boost* [1]). En todos los casos es imprescindible incluir el desarrollo una descripción detallada de los mismos, justificando adecuadamente su elección. Además de su explicación, es obligatorio que todos los métodos propuestos sean debidamente evaluados y analizados experimentalmente, mediante la formulación de hipótesis, realización de experimentos y el posterior análisis de los resultados obtenidos en los mismos, buscando caracterizar y justificar su comportamiento en función del problema a resolver.

En el contexto del trabajo, los arqueros propuestos por los distintos grupos participarán, junto con un arquero propuesto por la cátedra, en una competencia que se llevará a cabo el día 27 de Junio de 2014, a las 18:00 hs, luego de la devolución de los trabajos corregidos. El formato de la competencia, las instancias de prueba y los premios serán informados durante los primeros días de Junio. Es importante destacar que la aprobación del Trabajo Práctico es independiente de la competencia.

Para simplificar la implementación, el archivo de entrada contará con toda la información del disparo, aunque para tomar la decisión en el instante actual no se podrá utilizar información futura. Aquellos grupos que violen esta regla serán automáticamente reprobados y descalificados de la competencia.

## Programa y formato de archivos

El programa a desarrollar deberá tomar por línea de comandos un archivo de entrada con la descripción del tiro y generar un archivo de salida, cuyo nombre será también indicado mediante un parámetro, con los movimientos a realizar por el arquero en cada instante de tiempo.

El archivo de entrada seguirá el siguiente formato:

- La primera línea contendrá la posición inicial del arquero en  $y$ , y luego las coordenadas que definen los límites del arco, también sobre el eje  $y$ . Se asume que la posición en  $x$  del arquero y de la línea de gol son las mismas:  $x = 125$ . Finalmente estar  $\mu$ , la cota sobre el máximo desplazamiento que puede realizar el arquero en un instante de tiempo.
- Luego se muestra la secuencia de posiciones en  $\mathbb{R}^2$ , una por línea, que toma la pelota para los instantes de tiempo  $0, 1, \dots, T$ .

A continuación se muestra un archivo donde el arquero comienza en la posición  $(125, 375)$ , donde el arco tiene su límite superior en la coordenada  $(125, 385)$  y la inferior en  $(125, 315)$ . Recordar que el arquero siempre se encuentra sobre la línea de gol. Finalmente,  $\mu = 4$ , y luego se tiene una secuencia de 24 posiciones con la definición del tiro para los instantes de tiempo  $0, 1, \dots, 23$ .

```
375 315 385 4
468.0 522.0
450.0 512.0
432.0 502.0
414.0 492.0
396.0 482.0
378.0 472.0
360.0 463.0
342.0 453.0
324.0 443.0
306.0 433.0
288.0 423.0
270.0 413.0
252.0 403.0
234.0 393.0
216.0 383.0
198.0 374.0
180.0 364.0
162.0 354.0
144.0 344.0
126.0 334.0
108.0 324.0
90.0 314.0
```

72.0 304.0  
54.0 295.0

El archivo de salida debera contener una instrucción por línea, correspondiente a la acción que realiza el arquero en el instante  $0 \leq t \leq T$ . Un posible resultado para el tiro descrito anteriormente es el siguiente, donde el arquero no realiza ningún movimiento salvo en el ultimo instante donde se mueve a la posición (125, 371).

0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
-4

Un detalle importante es cuando el visualizador considera si el disparo ha sido (o no) atajado por el arquero. Tanto para el arquero como para la pelota, las posiciones indicadas se corresponden con el centro de los mismos. Luego, si la pelota se encuentra a una distancia menor o igual a 7 del centro del arquero, entonces consideramos que el disparo ha sido atajado. En caso contrario, contará como gol.

Junto con el presente enunciado, se adjunta una serie de scripts hechos en **python** con un visualizador y un conjunto instancias de test para ser utilizados para la compilación y un testeo básico de la implementación y los métodos. En las próximas semanas agregaremos más archivos con distintos escenarios de prueba. El visualizador puede ser utilizado para simular el disparo y evaluar si el programa propuesto logra que el arquero ataje la pelota. Este visualizador será utilizado durante la competencia y es la herramienta que determina si

un tiro ha sido atajado o no. Se recomienda leer el archivo `README.txt` con el detalle sobre su utilización.

---

### Fecha de entrega

- *Formato electrónico*: Jueves 19 de Junio de 2014, hasta las 23:59 hs., enviando el trabajo (informe+código) a `metnum.lab@gmail.com`. El subject del email debe comenzar con el texto [TP3] seguido de la lista de apellidos de los integrantes del grupo.
- *Formato físico*: Lunes 23 de Junio de 2014, de 17:30 a 18:00 hs.

### References

- [1] *BOOST C++ Libraries*. <http://www.boost.org>.
- [2] I. Asimov. *I, Robot*. Doubleday, 1950.