

Desarrollo de Sistemas Inteligentes

ALERTAS ECG: Informe Extra

Convocatoria de Enero
Curso académico 2021/22



LosmonTapuercas

F. Aguilar Martínez
francisco.aguilarm@um.es
Grupo PCEO

J.A. Lorencio Abril
joseantonio.lorencioa@um.es
Grupo PCEO

R. Gaspar Marco
ruben.gasparm@um.es
Grupo PCEO

Profesor:
Javier Gomez Marín-Blázquez

Versión: 1.0
Fecha: 29 de diciembre de 2021

Índice general

Introducción	2
1 Reutilización del Sistema Basado en Reglas (SBR) anterior	2
2 Diseño del Sistema de Inferencia Difusa (FIS)	2
3 Uso del FIS	3
4 Un ejemplo	4

Introducción

En este informe explicamos el desarrollo del ejercicio extra del proyecto final de la asignatura “Desarrollo de Sistemas Inteligentes”. El objetivo del ejercicio es utilizar Lógica Difusa, a través de la herramienta *JFuzzy* para diagnosticar enfermedades detectadas mediante electrocardiograma, en particular las enfermedades: taquicardia, bradicardia, hipocalcemia, hipopotasemia, e Infarto Agudo de Miocardio.

1. Reutilización del Sistema Basado en Reglas (SBR) anterior

De la versión base de la práctica, nos quedamos con la estructura de la base de hechos y con la parte de la base de conocimientos implementada en *Drools* encargada de la obtención de intervalos, segmentos y complejos.

Para poder usar los elementos de la base de hechos hacemos uso de *queries*, que permiten extraer objetos de la base de hechos de la agenda de Drools. Para ello, definimos las queries, que son todas de la misma forma que la siguiente:

```
1 query "ObtenerPulsaciones"  
2   $result: RitmoCardiaco()  
3 end
```

Listado 1: Ejemplo de Query

Como se ve, devuelve los objetos de la clase *RitmoCardiaco* que estén en la base de hechos.

2. Diseño del Sistema de Inferencia Difusa (FIS)

Tomando los atributos pertinentes de los objetos obtenidos con las *queries*, obtenemos las variables que se utilizan como evidencias directas de los diagnósticos de las enfermedades mencionadas, esto es

- **ritmo**: Ritmo cardíaco.
- **duracionQT**: Duración del intervalo QT.
- **alturaT**: Altura de la onda T.

Para la confección del sistema de inferencia difusa escribimos, en *Fuzzy Control Language* (FCL), el fichero `ecg.fcl`, que describimos de arriba a abajo a continuación.

1. Definimos una función `FUNCTION_BLOCK` para cada enfermedad que tome las variables necesarias para diagnosticar esa enfermedad y como variable de salida un valor entre 0 y 1 que indique cómo de intensas son las evidencias a favor de ese diagnóstico. Lo siguiente se define para cada una de estas funciones.
2. Se especifican las variables de entrada y salida de la función. Por ejemplo, para el Infarto Agudo de Miocardio (IAM) se tiene

```
1   VAR_INPUT  
2     alturaT : REAL;  
3   END_VAR  
4  
5   VAR_OUTPUT  
6     infartoAgudoMiocardio : REAL;
```

```
7     END_VAR
```

```
8
```

3. Para las variables de entrada definimos sus etiquetas lingüísticas según la bibliografía consultada. Por ejemplo para la altura de la onda T:

```
1     FUZZIFY alturaT
2         TERM baja := (-5, 1) (5, 0);
3         TERM normal := (-2, 0) (2, 1) (6, 0);
4         TERM alta := (4, 0) (10, 1);
5     END_FUZZIFY
6
```

donde los pares de puntos (x, y) definen una función lineal a trozos.

4. De la misma manera, fuzzificamos la variable de salida de cada enfermedad con un conjunto difuso con valor máximo en el 0 y mínimo en el 1 y otro con valor máximo en el 1 y mínimo en el 0. También especificamos que el método de defuzzificación es la obtención del centro de masas y que el valor por defecto es 0.

```
1     DEFUZZIFY infartoAgudoMiocardio
2         TERM falso := (0, 1) (1, 0);
3         TERM verdadero := (0, 0) (1, 1);
4         METHOD : COG;
5         DEFAULT := 0;
6     END_DEFUZZIFY
7
```

5. Finalmente introducimos las reglas que suponen un diagnóstico a favor por haber encontrado una evidencia, o en contra por haber encontrado la evidencia contraria. Siguiendo con el ejemplo del Infarto Agudo de Miocardio:

```
1     RULEBLOCK No1
2         AND : MIN;
3         ACT : MIN;
4         ACCU : MAX;
5
6         RULE 1: IF alturaT IS alta THEN infartoAgudoMiocardio IS verdadero;
7         RULE 2: IF alturaT IS normal OR alturaT IS baja THEN infartoAgudoMiocardio
            IS falso;
8     END_RULEBLOCK
9
```

3. Uso del FIS

Con este sistema de inferencia, ya solo queda pasarle las variables obtenidas en lectura de ficheros para que realice el proceso de razonamiento difuso.

Para ello, creamos una función `analisis`, que ejecuta un análisis de inferencia borrosa sobre un fichero y una agenda de *Drools*, pasados como parámetros. En esta función, hacemos los queries para pedir los objetos que necesitamos de la base de hechos, y le introducimos los datos al FIS.

En el siguiente fragmento de código, se ve cómo se analiza la *hipocalcemia*:

```
1 functionBlock = fis.getFunctionBlock("hipocalcemia");
2     results = kSession.getQueryResults("ObtenerDuracionIQT");
3
```

```

4      for( QueryResultsRow row : results) {
5          IntervaloQT iQT = ( IntervaloQT ) row.get("$result");
6          functionBlock.setVariable("duracionQT", iQT.getDuracion());
7          functionBlock.evaluate();
8          hipocalcemia = functionBlock.getVariable("hipocalcemia").defuzzify();
9          hip = functionBlock.getVariable("hipocalcemia");
10         if (hipocalcemia > 0.5) {
11             cicloHipocalcemia = iQT.getCiclo();
12             System.out.println("Se ha detectado una certeza de: " + hipocalcemia + " para
la enfermedad Hipocalcemia.");
13             System.out.println("Se concluye que: Se padece Hipocalcemia, con evidencia en
el ciclo " + cicloHipocalcemia + "\n");
14             JFuzzyChart.get().chart(hip, hip.getDefuzzifier(), true);
15             break;
16         }
17     }

```

Listado 2: Detección borrosa de Hipocalcemia

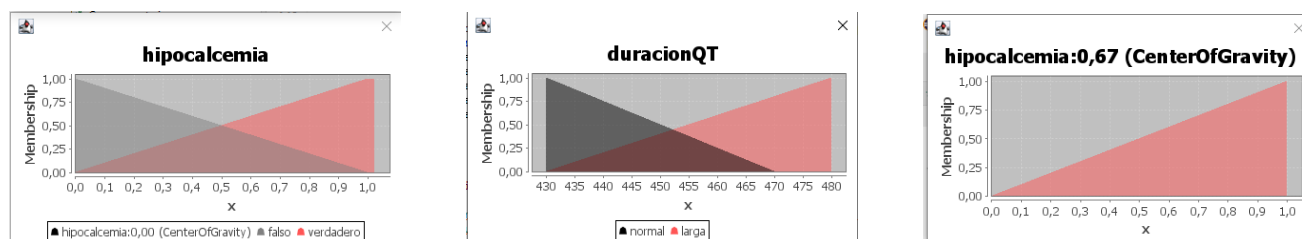
Hacemos un query, pidiendo los intervalos QT. Recorremos todos los intervalos y le pasamos al FIS el valor oportuno. Evaluamos y, como vemos, cuando detectamos una evidencia mayor de 0.5, entendemos que la enfermedad es padecida, por lo que mostramos la información pertinente y el proceso se detiene.

Esto se hace para las 5 enfermedades contempladas y, si al final del proceso, las evidencias obtenidas para todas las enfermedades son menores que 0.5, se considera que el paciente está sano, no padece ninguna enfermedad.

4. Un ejemplo

Al ejecutar el programa se analizan todos los ficheros. No obstante, vamos a ver un ejemplo. Veamos la salida del análisis del fichero *hipocalcemia.ecg*.

Obtenemos las siguientes gráficas:



Conjunto borroso de la hipocalcemia: niveles Falso y Verdadero

Conjunto borroso de la duración del intervalo QT: niveles Normal y Larga

Resultado de la inferencia, se integra mediante el Centro de Gravedad

Figura 1: Análisis de *hipocalcemia.ecg*

Como podemos observar, se concluye que el paciente padece hipocalcemia. El valor obtenido tras calcular el centro de gravedad es de 0.67 > 0.5.

Por otro lado, la salida de texto obtenida es la siguiente:

----- En el fichero: ./muestras/hipocalcemia.ecg-----

Se ha detectado una certeza de: 0.666333333333337 para la enfermedad Hipocalcemia.

Se concluye que: Se padece Hipocalcemia, con evidencia en el ciclo 3

Que concuerda con los resultados gráficos, aunque nos añade la información del ciclo en el que se encuentra la evidencia.

Bibliografía

- [1] Life in the Fast Lane. *QT Interval*. URL: <https://litfl.com/qt-interval-ecg-library/>. (accessed: 12/11/2021).
- [2] Life in the Fast Lane. *T wave*. URL: <https://litfl.com/t-wave-ecg-library/>. (accessed: 12/11/2021).
- [3] Bioelectromagnetism Portal. *The Basis of ECG Diagnosis*. URL: <http://www.bem.fi/book/19/19.htm>. (accessed: 12/11/2021).
- [4] Wikipedia. *Some pathological patterns which can be seen on the ECG*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrocardiography&oldid=513556137#Some_pathological_patterns_which_can_be_seen_on_the_ECG. (accessed: 12/11/2021).
- [5] Wikipedia. *T wave*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/T_wave. (accessed: 12/11/2021).