



Descripción de series de tiempo utilizando Fuzzy Piecewise Linear Segments

Juan Moreno-García, Antonio Moreno-García
Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela de Ingeniería Industrial
 Toledo, España
 juan.moreno@uclm.es, antmorgarcia@gmail.com

Luis Jimenez-Linares, Luis Rodriguez-Benitez
Universidad de Castilla-La Mancha
Escuela Superior de Informática
 Ciudad Real, España
 luis.jimenez@uclm.es, luis.rodriguez@uclm.es

Abstract—Es muy frecuente la utilización de series temporales en gran cantidad de ámbitos, siendo necesario la obtención de información lo más detallada posible a partir de estas series. Hay diferentes posibilidades de mostrar esta información, por ejemplo, en forma de representación gráfica. Aunque cada día es más frecuente la necesidad de representar información utilizando el lenguaje natural, es decir, mediante una descripción lingüística. En este trabajo se presenta una técnica para obtener descripciones lingüísticas a partir de series temporales utilizando una representación denominada Fuzzy Piecewise Linear Segments. Se detalla la forma de obtener la información de una serie modelada utilizando esta representación y los pasos necesarios para generar la descripción utilizando plantillas. Finalmente se muestra algunos ejemplos de su uso.

Index Terms—Descripción Lingüística, Series de Tiempo, Fuzzy Piecewise Linear Segments, Lógica Difusa

I. INTRODUCTION

En un gran número de aplicaciones se necesitan las series de tiempo. Usualmente estas series se representan en forma de datos en bruto. Este formato tiene varios problemas siendo el más importante la gran cantidad de memoria necesaria para su almacenamiento. Además, esta representación presenta el problema añadido de que su procesamiento es costoso en tiempo. Por esta razón se han desarrollado otras formas alternativas para almacenar las series de tiempo, lo que permite reducir el consumo de memoria y la ejecución de operaciones más eficientemente. Una de las técnicas más utilizadas se denomina “segmentos lineales a trozos” (Piecewise Linear Segment – PLS) que consiste en la representación de las series utilizando un conjunto de segmentos, donde cada uno de ellos corresponde a un trozo de la serie. Hay diferentes métodos para obtener esta representación en la literatura [1]–[3]. Además, cada día es más frecuente la generación de informes de datos utilizando el lenguaje natural. Esto se conoce como Descripción Lingüística de Datos [4]. Es una línea de investigación que se puede considerar clásica pero que actualmente está teniendo un fuerte auge.

El principal objetivo de este trabajo consiste en diseñar un nuevo método de generación de descripciones lingüísticas de series de tiempo. Muchos de los métodos presentados

en la literatura hacen uso de la lógica difusa para obtener la descripción [4]. Por todo ello, se propone el uso de una representación de series que utiliza la lógica difusa [5] para generar descripciones lingüísticas directamente desde dicha representación. Esta representación se ha denominado *Fuzzy Piecewise Linear Segments* (FPLS) y tiene la ventaja de que recoge la imprecisión creada en el proceso de generación de los segmentos. Cada segmento de PLS se convierte al dominio difuso utilizando las técnicas detalladas en [5].

El documento está estructurado de la siguiente forma. En la Sección II se presenta una breve recopilación de los trabajos más destacados en este ámbito de investigación. En la Sección III se expone la representación FPLS. En la Sección IV se detalla la forma de obtener información de un FPLS y cómo generar las descripciones en base a ésta. Finalmente, la Sección V muestra las conclusiones y trabajos futuros.

II. ESTADO DEL ARTE

La descripción de series de tiempo (TS) es un campo de investigación con un gran número de publicaciones en los últimos 10 años. Recientemente Marín and Sánchez [4] han publicado un trabajo que recopila las publicaciones más destacadas en la literatura. Estos autores distinguen entre Generación de Lenguaje Natural (Natural Language Generation – NLG) y la Generación de Descripciones Lingüísticas de TS (Generation of Linguistic Descriptions of Time Series – GLiDTS). Se podría afirmar que este trabajo está relacionado con GLiDTS.

En general, la lógica difusa (Fuzzy Logic – FL) es un componente esencial en este tipo de sistemas y ha sido aplicada de diferentes formas. Se presentarán algunos trabajos destacados que utilizan la FL para describir TS y otros que funcionan junto con otras tecnologías. Por ejemplo, algunas propuestas combinan sistemas OLAP [6], diseñados para su utilización en la toma de decisión y aplicados en una amplia variedad de dominios de aplicación, con la FL. En esta línea se encuentra una nueva aproximación que hace uso de particiones jerárquicas difusas del tiempo y la evaluación de sentencias cuantificadas [7], [8]. La descripción final consiste en una colección de este tipo de sentencias. Otro ejemplo es *GALiWeather* [9] que mezcla técnicas de computación de percepciones con estrategias para la descripción lingüística

Supported by the project TIN2015-64776-C3-3-R of the Science and Innovation Ministry of Spain, co-funded by the European Regional Development Fund (ERDF).

de datos junto con un sistema de NLG. El sistema ofrece información sobre el tiempo que es utilizada por la Agencia de Meteorología Gallega. Actualmente, *GALiWeather* es un servicio público ofrecido para la predicción del tiempo.

Otra posibilidad consiste en generar un modelo difuso a partir de la TS y calcular una estructura de alto nivel. Por ejemplo, en [10], [11] se presentó una estructura para modelar los eventos que ocurren en una TS. El modelo final contiene los mínimos y máximos utilizando [11]. Esta estructura también permite la búsqueda de eventos: el resultado obtenido de esta búsqueda genera la descripción lingüística final que está formada por sentencias de texto que son añadidas cuando se identifica un nuevo evento. El sistema necesita un experto en el campo de aplicación.

Otras propuestas consisten en transformar la TS en otra representación y entonces fuzzificarla. Por ejemplo, Kacprzyk et al. [12] propusieron el uso de tendencias identificando segmentos lineales de una TS. Posteriormente representan la serie mediante un conjunto de atributos que caracterizan las tendencias (la pendiente del segmento, la calidad de la aproximación y la longitud de la tendencia). El campo de aplicación que seleccionaron fue la evaluación de un fondo de inversión en un período de tiempo. En otras situaciones la información proviene de diversas fuentes y debe ser agregada apropiadamente obteniendo una nueva representación que se trata utilizando FL [13].

Otras investigaciones crean modelos específicos para generar descripciones lingüísticas. Granular Linguistic Model of Phenomena (GLMP) puede ser clasificado dentro de esta categoría. Alvarez-Alvarez y Triviño [14] introdujeron la aplicación de GLMP para generar descripciones de la calidad de la marcha humana y Sánchez-Valdés y Triviño mejoraron los resultados utilizando una máquina de estados finitos difusa [15]. GLMP ha sido utilizado en aplicaciones de tipo muy diverso.

III. DESCRIPCIÓN DE FPLS

Una FPLS es un conjunto de segmentos que han sido fuzzificados a partir de los segmentos de una PLS. Para un instante dado ofrecen un número difuso que es el valor de salida. Formalmente, una FPLS está compuesta por un conjunto de segmentos lineales difusos que serán representados como $fpls_{t_i, t_{i+1}}$. La Ecuación 1 representa formalmente a una FPLS.

$$FPLS(T) = \{fpls_{t_0, t_1}, fpls_{t_1, t_2}, \dots, fpls_{t_{|FPLS|-1}, t_{|FPLS|}}\} \quad (1)$$

donde cada segmento $fpls_{t_i, t_{i+1}} = \{m_{t_i, t_{i+1}}, c_{t_i, t_{i+1}}, p_{t_i, t_{i+1}}\}$ siendo $m_{t_i, t_{i+1}}$ y $c_{t_i, t_{i+1}}$ la pendiente y la constante de la recta que define el segmento respectivamente, y $p_{t_i, t_{i+1}}$ el promedio de la tasa de error (Ecuación 2).

$$p_{t_i, t_{i+1}} = \frac{\sum_{k=i}^{i+1} \frac{|fpls_{t_i, t_{i+1}}(t_k) - y_k|}{y_k}}{t_{i+1} - t_i + 1} \quad (2)$$

donde t_i y t_{i+1} son los instantes de comienzo y de fin del segmento, $fpls_{t_i, t_{i+1}}(t_k)$ es el valor del segmento $fpls_{t_i, t_{i+1}} \in FPLS$ en el instante t_k e y_k es el valor de la serie Y en el instante t_k .

El promedio de la tasa de error es una medida que calcula la media de la tasa del error para cada segmento utilizando la Ecuación 2.

Cada segmento lineal difuso $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ devuelve un número difuso triangular fn_k para un instante $t_k \in \mathbb{R}$: $fn_k = fpls_{t_i, t_{i+1}}(t_k)$. Utilizando estos tres valores, el número difuso de salida fn_k se puede calcular tomando como entrada un valor t_k . La Ecuación 3 muestra la forma en que un segmento $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ calcula el número difuso fn_k .

$$fn_k = \begin{cases} 0 & \text{if } t_k < t_i \\ \text{calcular}(fpls_{t_i, t_{i+1}}, t_k) & \text{if } t_i \leq t_k \leq t_{i+1} \\ 0 & \text{if } t_{i+1} < t_k \end{cases} \quad (3)$$

donde $\text{calcular}(fpls_{t_i, t_{i+1}}, t_k)$ es una función que calcula fn_k^{DOWN} , fn_k^{fpls} y fn_k^{UP} que componen el número difuso triangular $fn_k = \{fn_k^{DOWN}, fn_k^{fpls}, fn_k^{UP}\}$.

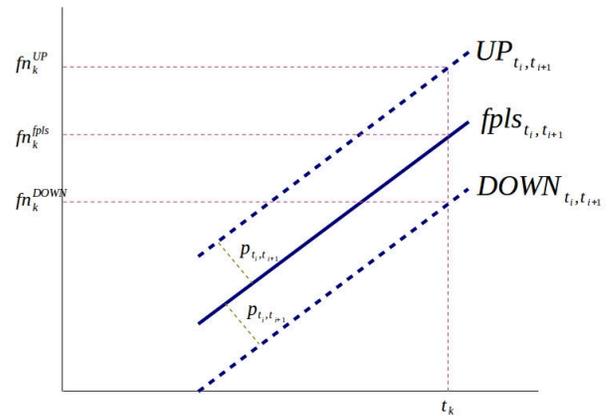


Fig. 1. Procedimiento para el cálculo de fn_k a partir de un segmento difuso.

Para los valores de t_k menores que t_i o mayores que t_{i+1} , la salida es cero. Para valores entre t_i y t_{i+1} se calcula utilizando dos segmentos paralelos con respecto a $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ llamados $UP_{t_i, t_{i+1}}$ y $DOWN_{t_i, t_{i+1}}$ (Figura 1). $p_{t_i, t_{i+1}}$ se necesita para calcular los segmentos $UP_{t_i, t_{i+1}}$ y $DOWN_{t_i, t_{i+1}}$, que están por encima y por debajo en el eje Y respecto a $fpls_{t_i, t_{i+1}}$, es decir:

- $UP_{t_i, t_{i+1}} = (m_{t_i, t_{i+1}} * x) + c_{t_i, t_{i+1}} + p_{t_i, t_{i+1}}$
- $DOWN_{t_i, t_{i+1}} = (m_{t_i, t_{i+1}} * x) + c_{t_i, t_{i+1}} - p_{t_i, t_{i+1}}$

Los valores fn_k^{DOWN} , fn_k^{fpls} y fn_k^{UP} que definen fn_k se calculan como el valor de salida de los segmentos lineales $DOWN_{t_i, t_{i+1}}$, $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ y $UP_{t_i, t_{i+1}}$ para un instante t_k y en orden creciente, es decir:

- $fn_k^{DOWN} = DOWN_{t_i, t_{i+1}}(t_k)$
- $fn_k^{fpls} = fpls_{t_i, t_{i+1}}(t_k)$
- $fn_k^{UP} = UP_{t_i, t_{i+1}}(t_k)$



TABLE I
UN FPLS DE EJEMPLO. FUENTE MORENO-GARCIA ET AL. [5]

| $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ | $mt_{i, t_{i+1}}$ | $ct_{i, t_{i+1}}$ | $pt_{i, t_{i+1}}$ |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $fpls_{0.0, 17.0}$ | -0.0432 | 0.6786 | 0.313 |
| $fpls_{17.0, 49.0}$ | 0.0339 | -0.5487 | 0.5544 |
| $fpls_{49.0, 91.0}$ | -0.0249 | 2.1815 | 0.4561 |
| $fpls_{91.0, 94.0}$ | -0.0007 | 0.1543 | 0.0905 |
| $fpls_{94.0, 131.0}$ | 0.0229 | -2.1022 | 0.4582 |

Estos valores representan un número difuso triangular simétrico (Symmetric Triangular Fuzzy number – STFNN) con la etiqueta lingüística “aproximadamente fn_k ” y una función de pertenencia que se muestra en la Ecuación 4.

$$\mu_{fn_k}(y) = \begin{cases} 0 & \text{if } |fn_k^{fpls} - y| > fn_k^{UP} - fn_k^{fpls} \\ 1 & \text{if } y = fn_k^{fpls} \\ \frac{|fn_k^{fpls} - y|}{fn_k^{UP} - fn_k^{fpls}} & \text{if } |fn_k^{fpls} - y| < fn_k^{UP} - fn_k^{fpls} \end{cases} \quad (4)$$

Como el soporte de fn_k se calcula en base al promedio de la tasa de error para el segmento obtenido, el uso de la media es apropiado para “medir la incertidumbre”, es decir, cuanto mayor es el error, mayor es el soporte del número difuso.

FPLS permite realizar diferentes operaciones. Actualmente están definidas la comparación entre dos FPLSs que representan dos TS o a una subsecuencia de una TS, que conceptual y prácticamente son lo mismo. La idea básica del funcionamiento del método consiste en realizar un conjunto de comparaciones a instantes de tiempo igualmente espaciados sobre las dos FPLS. Los números difusos obtenidos para cada FPLS como salida en cada instante pueden ser comparados mediante operaciones de la lógica difusa, y posteriormente recoger el resultado en un valor que agregue las comparaciones realizadas representando la similitud/disimilitud de ambas FPLS, y por tanto de ambas TS o subsecuencias, según el caso. Para comparar dos STFNN se utilizó una medida que toma el valor del área comprendida entre ellos considerando el valor de los números difusos a comparar.

IV. GENERACIÓN DE LAS DESCRIPCIONES

De una FPLS se puede obtener información para generar las descripciones lingüísticas. Esta información se va a clasificar en dos niveles:

- De segmento: a este nivel se pueden generar descripciones lingüísticas que reflejan información sobre las tendencias, dado que un segmento representa una tendencia.
- De FPLS: en este caso se mostrará información de la TS completa o de una parte de ella ya que una FPLS representa una TS.

Primero se presentará la información que se puede obtener a nivel de una tendencia (segmento), más concretamente, se detallará la siguiente:

- Tipo de tendencia: se obtendrá una etiqueta lingüística por segmento que se ha denominado $type_{i+1}$ y que indica el tipo de tendencia obtenida para el segmento $i + 1$. Estará

TABLE II
CONJUNTO DE ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS TYPE.

| Label | a | b | c | d |
|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
| descendente | $-\infty$ | $-\infty$ | -0.1 | 0.0 |
| plana | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| ascendente | 0.0 | 0.1 | ∞ | ∞ |

TABLE III
CONJUNTO DE ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS POWER.

| Label | a | b | c | d |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| fuerte descenso | -90 | -90 | -45 | -40 |
| descenso | -45 | -40 | -2 | 0 |
| llano | -2 | 0 | 0 | 2 |
| ascenso | 0 | 2 | 40 | 45 |
| fuerte ascenso | 40 | 45 | 90 | 90 |

en función de la pendiente del segmento que modela. La pendiente de una recta es mayor o menor que 0 si la recta es creciente o decreciente respectivamente. Se distinguirán tres tipos de segmento: descendente, plana y ascendente (Tabla II), aunque se puede redefinir este conjunto de etiquetas para incorporar más grados. $type_{i+1}$ toma de valor la etiqueta de máxima pertenencia de las de ese conjunto (Ecuación 5).

$$type_{i+1} = argmax_T \mu_T(mt_{i, t_{i+1}}) \forall T \in TYPE \quad (5)$$

- Potencia de la tendencia: vendrá definida por el ángulo del segmento difuso ($arctan(mt_{i, t_{i+1}})$) y para clasificarla se utilizará el conjunto de etiquetas lingüísticas POWER. La Ecuación 6 muestra la forma de obtener dicha etiqueta.

$$power_i = argmax_P \mu_P(arctan(mt_{i, t_{i+1}})) \forall P \in POWER \quad (6)$$

$power_i$ se asigna a la etiqueta lingüística $P \in POWER$ que obtiene el máximo valor de pertenencia para el ángulo del segmento, es decir, la etiqueta que representa mejor el incremento o el decremento del segmento difuso. La Tabla III muestra un conjunto ejemplo que utiliza etiquetas difusas donde el soporte está considerado como el ángulo de la pendiente medido en grados sexagesimales.

- Duración: se definirá un conjunto de etiquetas llamado LONG para representar la longitud del segmento. Cada segmento $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ cuenta con sus instantes de inicio

TABLE IV
CONJUNTO DE ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS LONG.

| Label | a | b | c | d |
|---------------|-----|----|----------|----------|
| muy corta | 0 | 0 | 2.5 | 5 |
| corta | 2.5 | 5 | 15 | 20 |
| un poco corta | 15 | 20 | 30 | 35 |
| media | 30 | 35 | 45 | 50 |
| larga | 45 | 50 | 55 | 65 |
| muy larga | 55 | 65 | ∞ | ∞ |

TABLE V
 CONJUNTO DE ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS *LOC*.

| Label | a | b | c | d |
|---------------|----|----|-----|-----|
| inicio | 0 | 0 | 5 | 10 |
| inicio pasado | 5 | 10 | 35 | 40 |
| centro | 35 | 40 | 60 | 65 |
| centro pasado | 60 | 65 | 90 | 95 |
| final | 90 | 95 | 100 | 100 |

y fin (t_i y t_{i+1}) que permitirán calcular la duración mediante la Ecuación 7.

$$long_i = \operatorname{argmax}_L \mu_L(t_{i+1} - t_i) \quad \forall L \in LONG \quad (7)$$

Como puede verse se realiza de forma similar a los casos anteriores. Las etiquetas de *LONG* permitirán indicar el tamaño de los segmentos. La Tabla IV muestra que será utilizado posteriormente.

- Localización: se trata de definir la localización de la tendencia en el tiempo. Para ello se utilizará el instante central de ocurrencia de la tendencia y se fuzzificará utilizando un conjunto de etiquetas lingüísticas denominado *LOC* con un soporte en $[0\%, 100\%]$ del total de la longitud de la TS descrita. La Ecuación 8 muestra la forma de seleccionar la etiqueta.

$$loc_i = \operatorname{argmax}_L \mu_L\left(\frac{p_{cen}}{|TS|}\right) \quad \forall L \in LOC \quad (8)$$

donde p_{cen} se calcula utilizando la Ecuación 9.

$$p_{cen} = \left(t_i + \frac{t_{i+1} - t_i}{2}\right) * 100 \quad (9)$$

La Tabla V muestra un ejemplo de este conjunto que será utilizado en los ejemplos.

El segundo nivel que se puede realizar la descripción es a nivel de la FPLS completa. Se puede detallar información general como por ejemplo el número de tendencias, la longitud media de cada una de ellas, número de mínimos y máximos locales, localización de éstos, etc. A continuación se detallará la forma de obtener la longitud media y la tendencia media de los segmentos de la TS (potencia media) y el cálculo de mínimos y máximos y su localización.

- Longitud media de los segmentos de la TS: se debe calcular el valor medio del segmento y se fuzzifica. Para calcular el valor medio se utiliza la Ecuación 10.

$$l_{med} = \operatorname{argmax}_L \mu_L\left(\frac{|TS|}{|FPLS|}\right) \quad \forall L \in LONG \quad (10)$$

donde la operación “ $| \cdot |$ ” es la anchura del soporte de *TS*.

El valor obtenido ($\frac{|TS|}{|FPLS|}$) se fuzzificará utilizando el conjunto de etiquetas *LONG* que define la longitud.

- Tendencia media de la TS: para obtener la potencia de la tendencia media se utilizará el Algoritmo 1. Éste defuzzifica la etiqueta que define la potencia de cada tendencia acumulando todos los valores de defuzzificación

Algorithm 1 Cálculo de longitud media de las tendencias

```

1:  $v_{med} = 0.0$  {acumula la longitud}
2: for  $i = 0$  to  $|FPLS|$  do
3:    $v_{med} = v_{med} + defuzz(type_{i+1})$ 
4: end for
5:  $v_{med} = \frac{v_{med}}{|FPLS|}$  {longitud media}
6:  $type_{med} = \operatorname{argmax}_{E_j} \mu_{E_j}(v_{med})$  {selecciona la etiqueta de máxima pertenencia}
    
```

en v_{med} (Línea 3). Finalmente, se vuelve a fuzzificar el valor medio obtenido (Línea 5) utilizando el conjunto original de etiquetas u otro distinto (según se necesite) para la descripción final (Línea 6). Para realizar la defuzzificación hay diferentes propuestas en la bibliografía, algunas opciones interesantes se detallan en [16]. La opción utilizada en los ejemplos de este trabajo ha sido la media de máximos (Mean of Maximum – MoM).

- Mínimos y máximos y su localización: FPLS permite la localización de mínimos y máximos comprobando el tipo de tendencia para dos tendencias consecutivas. Si se verifica la Ecuación 11 o 12 se ha localizado un mínimo o un máximo respectivamente.

$$(type_i = descendente) \wedge (type_{i+1} = ascendente) \quad (11)$$

$$(type_i = ascendente) \wedge (type_{i+1} = descendente) \quad (12)$$

donde $descenso \in TYPE$ y $ascenso \in TYPE$.

La localización del máximo viene indicada por el instante final de $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ o por el inicial de $fpls_{t_{i+1}, t_{i+2}}$ (es el mismo instante, t_{i+1}). Dado que FPLS es una representación aproximada se puede realizar una fuzzificación de t_{i+1} en base a la localización de dicho instante dentro del soporte del tiempo (Ecuaciones 13 y 14).

$$min_k = \mu_{TIME}(t_{min}) \quad (13)$$

$$max_k = \mu_{TIME}(t_{max}) \quad (14)$$

donde t_{min} y t_{max} son los instantes donde se ha detectado el mínimo o el máximo respectivamente.

Una vez detallado la forma de extraer información de la FPLS se expondrá la forma de generar las descripciones lingüísticas a partir de la FPLS. Para ello es necesario el uso de plantillas que ayuden a la generación de las descripciones. Primeramente se definirá una plantilla que utiliza el tipo y la potencia de la tendencia, la longitud de la misma y su localización. Ésta es:

Es una tendencia $T \in TYPE$ que muestra un $P \in POWER$ de una longitud $L \in LONG$ situada en *LOC*.

Utilizando el FPLS de la Tabla I y los conjuntos de etiquetas en las Tablas de la II a la V se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla VI. Las etiquetas generadas se destacan en el texto.



TABLE VI
UN FPLS DE EJEMPLO. FUENTE MORENO-GARCIA ET AL. [5]

| $fpls_{t_i, t_{i+1}}$ | Descripción lingüística |
|-----------------------|--|
| $fpls_{0,0}, 17.0$ | Es una tendencia descendente que muestra un descenso de una longitud corta situada al inicio pasado. |
| $fpls_{17,0}, 49.0$ | Es una tendencia ascendente que muestra un ascenso de una longitud un poco corta situada al centro. |
| $fpls_{49,0}, 91.0$ | Es una tendencia descendente que muestra un descenso de una longitud media situada al centro pasado. |
| $fpls_{91,0}, 94.0$ | Es una tendencia plana que muestra un llano de una longitud muy corta situada al centro pasado. |
| $fpls_{94,0}, 131.0$ | Es una tendencia descendente que muestra un ascenso de una longitud media situada al centro pasado. |

A continuación se expone un ejemplo utilizando el mismo FPLS que en el caso anterior que genera una descripción lingüística que detalla la longitud media de los segmentos, la tendencia media de la TS y los mínimos y máximos de la TS. La plantilla utilizada es la siguiente:

La TS tiene una tendencia media *POWER* y sus segmentos son de una longitud *LMEDIA*. En el min_k se presenta un mínimo y se encuentra un máximo en el max_k .

El resultado obtenido es el siguiente:

La TS tiene una tendencia media llana y sus segmentos son de una longitud un poco corta. En el instante inicio pasado se presenta un mínimo y se encuentra un máximo en el inicio pasado.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se ha presentado un nuevo método de generación de descripciones lingüísticas de TS a partir de la información capturada en una FPLS. Se ha mostrado cómo obtener información a partir de FPLS y qué se puede obtener a partir de la misma. También se ha detallado la forma en la que puede ser utilizada para generar descripciones lingüísticas. Se ha demostrado que FPLS contiene suficiente información de la TS para generar descripciones completas y complejas. Además, la forma de obtener dicha información es sencilla y eficiente permitiendo así la generación de descripciones de forma rápida.

Como trabajos futuros se pretende estudiar más detalladamente la información que se puede obtener de una FPLS. También se puede trabajar en la generación de descripciones del proceso de comparación de dos FPLS, por ejemplo, describir la comparación de partes de la serie que interesa comparar (por ejemplo, fases de un movimiento), o bien de partes que tienen un mayor parecido entre ellas. Cada una de estas partes puede corresponder a los valores que toma un sistema durante una fase. Finalmente se debe investigar

en la creación de un marco de trabajo que permita generar las descripciones lingüísticas de una forma totalmente automática.

REFERENCES

- [1] E. Keogh, S. Chu, D. Hart, and M. Pazzani, "An online algorithm for segmenting time series," Proceedings 2001 IEEE International Conference on Data Mining, pp. 289–296, 2001.
- [2] X. Huang, M. Matijaš, and J. A. K. Suykens, "Hinging Hyperplanes for Time-Series Segmentation," IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 24(8), 2013.
- [3] E. Fuchs and T. Gruber and J. Nitschke, and B. Sick, "Online Segmentation of Time Series Based on Polynomial Least-Squares Approximations," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 32(12), pp. 2232–2245, 2010.
- [4] N. Marín, and D. Sánchez, "On generating linguistic descriptions of time series," Fuzzy Sets and Systems, vol. 285, pp. 6–30, 2016.
- [5] A. Moreno-García, J. Moreno-García, Luis Jimenez-Linares, and Luis Rodríguez-Benítez, "Time series represented by means of fuzzy piecewise linear segments," Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 318, pp. 156–167, 2017.
- [6] A. Laurent, "Generating fuzzy summaries from fuzzy multidimensional databases," in: F. Hoffmann, D.J. Hand, N.M. Adams, D.H. Fisher, G. Guimarães (Eds.), IDA, in: Lecture Notes Computer Sciences, Springer, vol. 2189, pp. 24–33, 2001.
- [7] R. Castillo-Ortega, N. Marín, and D. Sánchez, "A fuzzy approach to the linguistic summarization of time series," Journal of multiple-valued logic and soft computing, vol. 17(2-3), pp. 157–182, 2011.
- [8] R. Castillo-Ortega, N. Marín, and D. Sánchez, "Linguistic query answering on data cubes with time dimension," International Journal of Intelligent Systems, vol. 26(10), pp. 1002–021, 2011.
- [9] A. Ramos-Soto, A. Bugarin, and S. Barro and J. Taboada, "Linguistic descriptions for automatic generation of textual short-term weather forecasts on real prediction data," IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 23(1), pp. 44–57, 2015.
- [10] J. Moreno-García, L. Rodríguez-Benítez, J. Giralt, and E. del Castillo, "The generation of qualitative descriptions of multivariate time series using fuzzy logic," Applied Soft Computing, vol. 23, pp. 546–555, 2014.
- [11] J. Moreno-García, J. Abián-Vicén, L. Jimenez-Linares, and L. Rodríguez-Benítez, "Description of multivariate time series by means of trends characterization in the fuzzy domain," Fuzzy Sets and Systems, vol. 285, pp. 118–139, 2016.
- [12] J. Kacprzyk, and A. Wilbik, "Linguistic summarization of time series using a fuzzy quantifier driven aggregation," Fuzzy Sets and Systems, vol. 159, pp. 1485–1499, 2008.
- [13] D. Anderson, R.H. Luke III, J.M. Keller, M. Skubic, M. Rantz, and M. Aud, "Linguistic summarization of video for fall detection using voxel person and fuzzy logic", Computer Vision Image Understanding, vol. 113(1), pp. 80–89, 2009.
- [14] G. Triviño, and M. Sugeno, "Towards linguistic descriptions of phenomena", International Journal of Approximate Reasoning, vol. 54(1), pp. 22–34, 2013.
- [15] D. Sanchez-Valdes, and G. Triviño, "Computational Perceptions of uninterpretable data. A case study on the linguistic modeling of human gait as a quasi-periodic phenomenon", Fuzzy Sets and Systems, vol. 253, pp. 101–121, 2014.
- [16] W. V. Leekwijck, E. E. Kerre., "Defuzzification: criteria and classification", Fuzzy Sets and Systems, vol. 108(2), pp. 159–178, 1999.