

# SEGMENTACION DE SERIES DE TIEMPO MEDIANTE PATRONES BASADOS EN LA PERCEPCION VISUAL

Cuello, G.<sup>1</sup>, Rodríguez, D.<sup>1</sup>, Rancán, C.<sup>1</sup>, Merlino, H.<sup>1,2</sup>, Britos, P.<sup>1,2</sup>, García-Martínez, R.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Instituto Tecnológico de Buenos Aires

<sup>2</sup>Laboratorio de Sistemas Inteligentes. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires

{drodrigu, crancan, hmerlino, pbritos, rgm}@itba.edu.ar

## Resumen

En el presente trabajo, se describe el estado actual de la investigación que se está llevando a cabo acerca de segmentación de series de tiempo. Su enfoque está centrado en utilizar mecanismos de atención visual que permitan localizar patrones de forma conocidos dentro del campo visual. Una vez localizados, mediante mecanismos de lógica difusa se obtienen los valores correspondientes de sus variables miembro (intervalo de tiempo, rango de valores y patrón de forma). Esto se almacena en una base de datos estándar. La base de datos resultante sirve como puente entre la descripción lingüística y las bases de datos que alojan las series de tiempo. Este puente sirve tanto para la descripción automática de las series de tiempo como para la consulta en lenguaje de alto nivel a la base de datos resultante. Se sobrentiende que tal esfuerzo puede resultar en programas menos eficientes si los comparamos con aquellos regidos por algoritmos numéricos dedicados y específicos; con esta investigación se busca es ampliar el entendimiento de la segmentación de percepciones visuales de modo que resulte en sistemas de bases de datos de series de tiempos más amigables para la minería de datos.

## 1. Introducción

Hoy en día, existen numerosos sistemas de bases de datos que almacenan series de tiempo. Básicamente, una serie de tiempo es una tabla que almacena pares de datos de la forma [fecha, valor]. Un valor para el eje de tiempo; un valor para el eje valor.

La incorporación de características inteligentes a dichos sistemas es un campo prometedor. La idea es facilitar las consultas hacia el sistema. Hasta ahora, la mayoría de los procedimientos para la toma de decisiones están basados en la observación humana, y soportados por software estadístico, de minería de datos, o de procesamiento de ellos.

Tales características inteligentes deberían incluir la posibilidad de operar con información lingüística, razonamiento y respuesta a consultas difusas. Para incorporar a los sistemas todos estos aspectos, necesariamente se deberían formalizar percepciones humanas.

Frente a una serie de tiempos, una persona posee percepciones referidas al eje tiempo, a los valores de la serie, a sus patrones y formas, a las asociaciones entre patrones o entre series de tiempo, entre otros.

Técnicamente hablando, estas percepciones pueden ser representadas por palabras. Su significado estará definido por el contexto. El contexto, definido por los diferentes dominios o aspectos de las bases de datos que contienen series de tiempo. Así, tenemos una jerarquía conceptual del tipo Dominio-Contexto-Palabras.

Entre los dominios típicos para una serie de tiempos, podemos enumerar:

- Dominio "tiempo" (intervalos de tiempo, posición absoluta, posición relativa, intervalos periódicos o estacionales)
- Dominio de los valores de la serie de tiempo (en cuanto al "tamaño")
- Dominio de los patrones de forma de las series de tiempo
- Dominio del conjunto de las series de tiempo (atributos o elementos)
- Dominio de las posibilidades (o valores de probabilidad)

En cuanto a las consultas a tales sistemas, éstos deberían dar respuesta a preguntas con contenido lógico vago, realizar inferencias y brindar pronósticos. Todo basándose en la percepción. Ejemplos de consulta a tales sistemas podrían ser:

- con respecto a búsquedas: "*hallar pozos productores de petróleo con alto porcentaje de agua*"
- con respecto a pronósticos: "*¿cuál será el incremento del precio en los cosméticos si el costo del barril de petróleo supera un X %?*"
- con respecto a optimización/pronósticos: "*¿qué productos, cuándo y qué monto comprar para obtener máximo beneficio el año que viene ?*"

Esta clase de preguntas sugiere que, para la realización de tales sistemas, deberían extenderse los métodos tradicionales de análisis de series de tiempo. Y como tales métodos están incluidos dentro del ámbito de la minería de datos, también deberían adaptarse las tareas más habituales de minería de datos. Deberían ser adaptadas para poder manipular información lingüística, conceptos vagos y percepción de patrones a fin de facilitar la interacción con los usuarios. Como tareas a considerar mencionamos: segmentación, clustering, clasificación, resumen, detección de anomalías, patrones frecuentes, pronóstico y descubrir reglas de asociación. [5].

Una aproximación al problema de segmentación. Un ejemplo introductorio. La Figura 1 durante es nuestro patrón. La consigna: *En la figura 2 trate de ubicarlo dónde podría estar.*

En la Figura 2 se indican posibles ubicaciones del patrón de la Figura 1. Las zonas marcadas serían aquellas detectadas por mecanismos de atención visual.

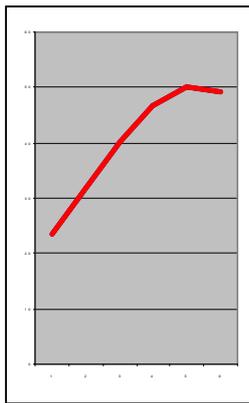


Figura 1: Un patrón cualquiera.

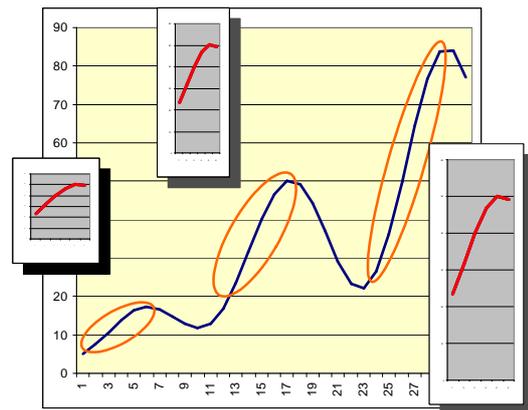


Figura 2: patrones parecidos dentro de la serie de tiempos.

Con este simple acto, hemos entendido una consigna, registrado el objeto a buscar, y lo logramos ubicar tres patrones del mismo tipo, en diferentes posiciones y de distinto tamaño.

Al ubicar los patrones dentro de la serie de tiempos, también hemos segmentado la serie de tiempos.

## 2. Identificación del problema

Utilizando mecanismos de atención selectiva (visual search), lograr conceptualizar gráficas de series de tiempo generando un resumen de conceptos que sean útiles tanto para el sistema experto de diagnóstico como la generación de un resumen descriptivo de la curva en términos humanamente entendibles.

## 3. Estado de la tecnología

En la introducción no se ha hecho hincapié en el tiempo que demanda el proceso de reconocimiento. Cuando se trata de sistemas de reconocimiento de series de tiempos, se pueden distinguir dos grupos: aquellos que trabajan en línea (reconocimiento dinámico) y aquellos que trabajan fuera de línea o por lotes. Los trabajos acerca sistemas de reconocimiento de series de tiempo en línea, se centran en optimizar el tiempo de reconocimiento ([6], [9], [10], [11], [12], [13], [26], [32] y [41]). En cambio, los

trabajos acerca de sistemas fuera de línea ([5], [7], [8] y [22]) amplían la idea de extracción y codificación de conceptos.

Algunos trabajos a destacar. En [6], se aborda por un lado el estado actual de representación de series de tiempo y por el otro, la codificación dinámica de series de tiempo (SAX, Symbolic Aggregate approXimation); en [11], una caracterización dinámica apta para determinar la forma de la serie de tiempos basándose en mecanismos de inferencia difusa. Y en [8], Agrawal propone un lenguaje para hacer consultas de series de tiempo (SDL, Shape Definition Language).

Con respecto a la percepción visual, existen numerosos trabajos de Neurociencia ([1], [2], [3], [14], [15], [16], [18], [23], [24], [25], [26]). Estos aportan teorías de cómo nuestro sistema de visión logra percibir objetos dentro de nuestro campo visual y de cómo se aíslan elementos de la escena mediante los mecanismos de atención selectiva.

En [21], Sharkley expone argumentos a favor de la computación conexionista (redes neuronales artificiales) para modelar aspectos cognitivos del cerebro, centrándose más específicamente en modelos con aprendizaje supervisado. Menciona entre otras cosas, la programación extensional, para aclarar que tales modelos deben ser ajustados previamente por el investigador, el cual intenta confrontar datos cognitivos experimentales contra el modelo.

En lo que respecta a modelos conexionistas, numerosos trabajos modelan diferentes aspectos del cognitivismo. De entre ellos, se han considerado unos pocos, dentro de la familia backpropagation, SOM, Hopfield, Cognitron, Neocognitron (principalmente [17], [27], [28], [29], [30], [31], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [45]), por ser afines al tipo de reconocimiento que se pretende llevar adelante en esta tesis.

Los aspectos más abstractos del cognitivismo pueden encontrarse principalmente en trabajos de Neurociencia. En general, se diseñan experimentos con animales de laboratorio ([20]) o con personas ([4], [18], [19], [22], [23], [24]) para obtener mediciones (datos). Estas mediciones sirven para proponer modelos de funcionamiento de nuestro cerebro. Estos modelos sirven de base para plantear modelos conexionistas que pueden ser implementados en computadores.

#### **4. Esbozo de la solución**

Se desarrollará un software que sirva como banco de pruebas, que permita experimentar con los tópicos investigados. Se piensa construir un sistema que segmente series de datos y sea capaz de describirlas, atender consultas o ejecutar reglas de lógica difusa.

El sistema contará con modos de aprendizaje y modos de producción. El modo de aprendizaje permitiría interactuar con el sistema de reconocimiento y clasificación de patrones de curvas. El modo producción permitiría explorar una base de datos que contenga series de tiempos, recibir consultas acerca de ellas y emitir resúmenes.

El problema más difícil es la búsqueda de los patrones en el campo visual, contemplando mecanismos de atención selectiva. El entrenamiento de la red neuronal está incluido en este problema.

#### **5. Bibliografía**

- [1] Treisman A. M., Kanwisher N. G., *Perceiving visually presented objects: recognition, awareness and modularity*, Current Opinion in Neurobiology, 8: pp 218-226, 1998.
- [2] Theeuwes J., *Perceptual selectivity for color and form*, Perception & Psychophysics, 51 (6), pp 599-606, 1992.
- [3] Clark A., *Some logical features of feature integration*, Ed. Werner Backhaus, Neuronal Coding of Perceptual Systems, New Jersey: World Scientific, Series in Biophysics and Biocybernetics, vol 9, ISBN 981-02-4164-X, pp 3-20, 2001.
- [4] Wolfe J., *Visual Search*, Attention, Ed. H. Pashler, London, UK: University Collage London Press, 1998.
- [5] Batyrshin I., Sheremetov L., Herrera-Avelar R., *Perception Based Patterns in Time Series Data Mining*, Studies in Computacional Intelligence (SCI), 36, pp 85-118, Springer-Verlag, 2007.

- [6] Lin J., Keogh E., Lonardi S., Chiu B., *A symbolic representation of time series, with implications for streamig algorithms*, Proceedings of the 8th ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery, San Diego, CA, 2003.
- [7] Das G., Lin K. I., Mannila H., Renganathan G., Smyth P., *Rule discovery from time series*, Proceedings KDD98, 16-22, 1998.
- [8] Agrawal R., Psaila G., Wimmers E. L., Zait M., *Quering shapes of Histories*, Proceedings of the 21st Internacional Conference on Very Large Databases, VLDB95, Zurich, Switzerland, 1995.
- [9] Keogh E. J., Chu S., Hart D., Pasani M., *An online algorithm for segmenting time series*, Proceedings of IEEE International Conference in Datamining, pp 289-296, 2001.
- [10] Maurya M. R., Rengaswamy R., Venkatasubramanian V., *Fault diagnosis using dynamic trend análisis: a review and recent developments*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 20, pp 133-146, 2007.
- [11] Dash S., Rengaswamy R., Venkatasubramanian V., *Fuzzy-logic based trend classification for fault diagnosis of chemical processes*, Computers and Chemical Engineering, 27, pp 347-362, 2003.
- [12] Kivikunnas S., *Overview of process trend análisis methods and applications*,
- [13] Itti L., Koch C., Niebur E., *A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis*, IEEE Transactions on pattern analysis and machina intelligence, Vol. 20, No. 11, pp 1254-1259, November, 1998 .
- [14] Jägersand M., *Saliency maps and attention selection in scale and spatial coordinates: an information theoretic approach*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Computer Vision, pp 195-202, 1995.
- [15] Sluzek A., *Feature Maps: a new approach in hierarchical interpretation of images*, Proceedings of the International Conference on Cyberworlds, IEEE, Computer Society, 2003.
- [16] Eisenbarth T., Koschke R., Simon D., *Derivation of feature component maps by means of concept analysis*, Proceedins of the 5<sup>th</sup> European Conference on Software Maintenance and Reengineering, IEEE, Computer Society, 2001.
- [17] Hassoumi N., Chiva E., Tarroux P., *A neural model of preattentional and attentional visual search*,
- [18] LaBerge D., *Attention*, Cognitive Science, Handbook of Perception and Cognition 2<sup>nd</sup> Ed., Edited by: Bly B. M., and Rumelhart D. E., Academic Press, ch 2, pp 43-97, 1999.
- [19] Munakata Y., *Cognitive Development*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 212-215, 2003.
- [20] Schmajuk N., Voicu H., *Cognitive maps*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 216-219, 2003.
- [21] Sharkey A., Sharkey N., *Cognitive Modelling: Psychology and Connectionism*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 219-223, 2003.
- [22] Palmeri T., Noelle D., *Concept Learning*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 252-256, 2003.
- [23] Toledo-Rodriguez M., Gupta A., Wang Y., Wu C., Z., Markram H., *Neocortex: Basic neuron types*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 719-725, 2003.
- [24] Itti L., *Visual Attention*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 1196-1201, 2003.
- [25] Rolls E., Arbib M., *Visual Scene Perception, Neurophysiology*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 1210-1215, 2003.
- [26] Wang D., *Visual Scene Segmentation*, The Handbook of brain theory and neural networks, Editor: Arbib M., 2<sup>nd</sup> Ed., Editorial Advisory Board, The MIT PRESS , pp 1215-1219, 2003.
- [27] Freeman J. A., Skapura D. M., *Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques*, Adison-Wesley Publishing Company, ISBN 0-201-51376-5, 1992, pp 89-124.
- [28] Jain A. K., Mao J., Mohioddin K. M., *Artificial Networks: A Tutorial*, Computer, IEEE, March, pp 31-44, 1996.
- [29] Minsky M., Papert S., *Perceptrons*, MIT Press, Cambridge, MA, 1969.
- [30] Pao Yoh-Han, Sobajic D. J., *Neural Networks and Knowledge Engineering*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 3, No. 2, June, 1991.

- [31] Sarle W. S., *Neural Networks and Statistical Models*, Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group International Conference, April 1994.
- [32] Le Cun Y. Et al., *Backpropagation Applied to Handwritten ZIP Code Recognition*, Neural Computation, Vol. 1, pp. 541-551, 1989.
- [33] Fukushima K., *Neocognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position*, Biological Cybernetics, Springer Verlag, 36, pp. 193-202, 1980.
- [34] Fukushima K., *Neural Network model for selective attention in visual pattern recognition and associative recall*, Applied Optics, Vol. 26, No. 23, December, pp. 4985-4992, 1987.
- [35] Fukushima K., *A Neural Network model for selective attention in visual pattern recognition*, Biological Cybernetics, Springer Verlag, 55, pp. 5-15, 1986.
- [36] Fukushima K., *Neocognitron: a hierarchical neural network capable of visual pattern recognition*, Neural Networks, Vol. 1, pp. 119-130, 1988.
- [37] Fukushima K., Miyake S., *Neocognitron: a new algorithm for pattern recognition tolerant of deformations and shifts in positions*, Pattern Recognition, Vol. 15, No. 6, pp. 455-469, 1982.
- [38] Fukushima K., *A neural network for visual pattern recognition*, Computer, pp. 65-75, IEEE, March 1988.
- [39] Fukushima K., *Cognitron: a self-organizing multilayered neural network*, Biological Cybernetics, Springer Verlag, 20, pp. 121-136, 1975.
- [40] Kohonen T., *self-Organization and Associative Memory*, Series in Information Sciences, Vol. 8, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, 1984, 2<sup>nd</sup> ed., 1988.
- [41] Kohonen T., *The "Neural" phonetic typewriter*, Computer, , pp.11-22, IEEE, March 1988.
- [42] Abu-Mostafa Y. S., St. Jacques J. M., *Information Capacity of the Hopfield Model*, IEEE Transactions on Information Theory, Vol. IT-31, No. 4, July, 1985.
- [43] Feng G., Douligieris C., *Using Hopfield Networks to Solve Traveling Salesman Problems Based on Stable State Analysis Technique*, Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN '00), , IEEE, 0-7695-0619-4, 2000.
- [44] Gaber K., Bahi M. J., El-Ghazawi T., *Parallel Mining of Association Rules with a Hopfield type Neural Network*, Proceedings of the 12<sup>th</sup> IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'00), IEEE, 1082-3409/00, 2000.
- [45] Hopfield J. J., *Neural Networks and physical systems with emergent collective computational abilities*, Proceedings National Academy of Sciences, USA, Biophysiscs, Vol. 79, pp. 2554-2558, April 1982,.
- [46] Hopfield J. J., *Neurons with graded response have collective properties like those of two-state neurons*, Proceedings National Academy of Sciences, USA, Biophysiscs, Vol. 81, pp. 3088-3092, May 1984.
- [47] Hopfield J. J., Tank D. W., *Neural Computation of decisions in optimization problems*, Springer-Verlag, Heidelberg, Biological Cybernetics, 52: 141-152, 1985.
- [48] Silva M., Mammeri Z., *Solving Real-Time Scheduling Problems with Hopfield-type Neural Networks*, Proceedings of the 23<sup>rd</sup> EUROMICRO Conference '97 New Frontiers of Information Technology, , IEEE, 1089-6503/97, 1997.
- [49] Antonio J. Martin Sierra, *Programador Java 2 Certificado*, Ed. Alfaomega, ISBN 978-970-15-1242-5, 2007.
- [50] J. Knudsen, *Java 2D Graphics*, Ed. O' Reilly & Associates Inc., 1999.
- [51] H. Deitel, P. Deitel, *Cómo programar en Java*, 5ed., Peardon education, ISBN 970-26-0518-0, 2004.
- [52] B. Daum, *Profesional Eclipse para desarrolladores Java*, Ed. Anaya Multimedia, ISBN 84-415-1881-5, 2005.
- [53] M. Proctor et Al., *Drools Documentation V. 4.0.3*
- [54] Joone User manual
- [55] Fuzzy Engine User Manual.
- [56] S. Russell, P. Norvig, *Inteligencia Artificial un enfoque moderno*, 2da Ed., Pearson Educación, S. A., ISBN 84-205-4003-X, Capítulo 7, 2004.