

## Modelado de los factores críticos de éxito en la implantación de sistemas CRM mediante mapas cognitivos difusos y computación con palabras

### [ Critical success factors in CRM implementation modelling using computing with word and fuzzy cognitive maps ]

*Dixie Marisol Lopezdomínguez Rivas, Sol David Lopezdomínguez Rivas, Katya Martha Faggioni Colombo, and Miriam Peña González*

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Fuzzy cognitive maps have received increasing attention for the representation of the causal knowledge especially useful in knowledge management. This paper proposes a model CRM critical success factor modelling and analysis based on fuzzy cognitive maps and using the paradigm of Computing with Words, in order to provide causal models easy to understand. To this end, the use of linguistic representation model based on linguistic 2-tuple in the competitive fuzzy cognitive maps is proposed, which allowing to perform the Computing with Words Processes without losing information. The main advantage of the model proposed for is that it allows increasing the interpretability of the causal models, being this fact knowledge management. Last, the paper presents a case study of the model proposed, as well as recommendations for future works.

**KEYWORDS:** computing with words, CRM, granularity, fuzzy cognitive maps.

**RESUMEN:** Los mapas cognitivos difusos han recibido una creciente atención para la representación del conocimiento causal, siendo de especial utilidad en la gestión del conocimiento. En el presente trabajo se propone un modelo de apoyo al modelado y análisis de los factores críticos de éxito de la implementación de sistemas CRM utilizando el paradigma de computación con palabras con el objetivo de proporcionar modelos causales que sean fácilmente comprensibles. Para ello, se propone el uso del modelo de representación lingüístico basado en 2-tuplas lingüísticas en los mapas cognitivos difusos c, permitiendo realizar los procesos de computación con palabras sin pérdida de información. La principal ventaja del modelo propuesto para la representación del conocimiento basado en mapas cognitivos difusos es que permite aumentar la interpretabilidad de los modelos causales, siendo este hecho de utilidad en la gestión del conocimiento. Finalmente, se presenta un estudio de caso del modelo presentado así como recomendaciones de trabajos futuros.

**PALABRAS CLAVE:** computación con palabras, CRM, granularidad, mapas cognitivos difusos.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las situaciones que abarcan el contexto en que el ser humano desarrolla sus tareas cotidianas son extremadamente complejas y dinámicas. Cuando se trata de analizar la problemática de un área particular, la representación de los conceptos en forma de un mapa permite resumir la información aislando los principales conceptos que están vinculados. En los denominados casos los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) [1] se logra sintetizar gran parte de la información presente.

Los MCD han sido objeto de una creciente atención para el análisis de sistemas causales complejos y constituyen grafos causales que hacen uso de la lógica difusa brindando la posibilidad de representar ciclos y modelar la vaguedad propia de

este tipo de relaciones [2]. Una de las ventajas destacadas de los MCD es la relativa facilidad que ofrecen para la agregación o fusión de distintos modelos. Esta agregación de conocimiento permite mejorar la fiabilidad del modelo final, el cual es menos susceptible a creencias potencialmente erróneas de un único experto, ya que permite integrar conocimientos de diferentes expertos con experiencias y modelos mentales diversos.

Los mapas cognitivos (MC) fueron propuestos inicialmente por Axelrod [3]. En MC, los nodos representan conceptos o variables de un dominio. Las conexiones señalan la dirección de la causalidad junto al signo asociado que puede ser positivo (incremento causal) o negativo (decremento causal). Sin embargo en el mundo cotidiano los enlaces entre causa y efecto son frecuentemente imprecisos por naturaleza, existiendo distintos grados de causalidad, por lo que se impone el uso de la lógica difusa [4], ya que ofrece un marco adecuado para tratar con la causalidad imperfecta en los mapas cognitivos.

La lógica difusa permite expresar el grado de causalidad entre conceptos a través del empleo de valores difusos en el intervalo  $[-1,1]$ , mediante el uso de expresiones lingüísticas como. En estos casos, la información lingüística modela de forma flexible el conocimiento e implica procesos de computación con palabras (CWW) [5].

El CRM (Customer Relationship Management) [6], o la Gestión de las relaciones con el cliente, es una herramienta que facilita el logro de un conocimiento estratégico de los clientes y sus preferencias, así como un manejo de la información de estos de forma eficiente dentro de la organización. El CRM facilita que haya una visión integrada de los clientes a través de toda la organización [7]. La determinación y análisis de los factores críticos de éxito en los proyectos de desarrollo e implantación de software en general, y de CRM en particular, contribuye a que las organizaciones centren su atención en los factores fundamentales para ser exitosas [8].

En el presente trabajo se propone un método para el modelado de los factores críticos de éxitos de los proyectos de implantación de CRM, haciendo uso del modelo lingüístico basado en 2-tuplas para trabajar sobre MCD competitivos siguiendo el paradigma de computación con palabras. La principal novedad de dicho modelo radica en facilitar la interpretabilidad de un modelo para la ayuda a la representación del conocimiento causal.

Este trabajo se estructura del siguiente modo: En la Sección 2 se abordan las temáticas relacionadas con los MCD, así como el modelo de representación basado en la 2-tuplas lingüística. En la Sección 3 se presenta el procedimiento propuesto y a continuación en la Sección 4 se muestra el estudio de caso. El trabajo finaliza con las conclusiones y sugerencias de trabajos futuros.

## 2 MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

Los MCD son una técnica desarrollada por Kosko [1] como una extensión de los mapas cognitivos. Los MCD describen la fortaleza de la relación mediante el empleo de valores borrosos. Constituyen una estructura de grafo difuso con retroalimentación para representar causalidad [9] y ofrecen un marco de trabajo más potente y flexible para representar el conocimiento humano para el razonamiento que los sistemas expertos tradicionales [10].

Un MCD se puede representar a través de un dígrafo ponderado donde los nodos representan conceptos y los arcos indican una relación causal [11]. La matriz de adyacencia es construida por su parte a partir de los valores asignados a los arcos generalmente de forma numérica [12].

En los MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos:

- Causalidad positiva ( $W_{ij} > 0$ ): Indica una causalidad positiva entre los conceptos  $C_i$  y  $C_j$ , es decir, el incremento (disminución) en el valor de  $C_i$  lleva al incremento (disminución) en el valor de  $C_j$ .
- Causalidad negativa ( $W_{ij} < 0$ ): Indica una causalidad negativa entre los conceptos  $C_i$  y  $C_j$ , es decir, el incremento (disminución) en el valor de  $C_i$  lleva la disminución (incremento) en el valor de  $C_j$ .
- No existencia de relaciones ( $W_{ij} = 0$ ): Indica la no existencia de relación causal entre  $C_i$  y  $C_j$ .

Dada la gran utilidad de los MCD, estos han sido extendidos para modelar diversas situaciones. Así, encontramos extensiones basadas en la teoría de los sistemas grises [13], intervalos [14], lógica difusa intuicionista [15], entre otras extensiones.

Existen varias adaptaciones de los MCD para la toma de decisiones o construcción de sistemas de soporte a la toma de decisiones. Stylios y otros [16] proponen la aplicación de los MCD a la toma de decisiones en la medicina, y denominan su modelo mapa cognitivo difuso competitivo. Sin embargo la necesidad de que la relación entre los nodos sea numérica limita la interpretabilidad del modelo.

### 3 CWW Y MODELO LINGÜÍSTICO BASADO EN 2-TUPLAS

En [17] se presenta una propuesta que tiene como propósito aumentar la interpretación de los MCD proporcionando resultados lingüísticos. Se propone que se represente la información a través de valores lingüísticos y se opere sobre ellos a través del modelo lingüístico basado en 2-tuplas [18]. De este modo, los modelos mentales obtenidos son más cercanos al modo de pensar de los decisores.

La CWW es una metodología que permite realizar un proceso de computación y razonamiento utilizando palabras pertenecientes a un lenguaje. Esta metodología permite crear y enriquecer modelos de decisión en los cuales la información vaga e imprecisa [19] es representada a través de información lingüísticas.

El modelo de representación lingüística de 2-tuplas permite realizar procesos de computación con palabras sin pérdida de información, basándose en el concepto de traslación simbólica.

Sea  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$  un valor en el intervalo de granularidad de  $S$ .

Definición 1: [4] La Traslación Simbólica de un término lingüístico,  $s_i$ , es un número valorado en el intervalo  $[-.5, .5]$  que expresa la diferencia de información entre una cantidad de información expresada por el valor  $\beta \in [0, g]$ , obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo,  $i \in \{0, \dots, g\}$  que indica el índice de la etiqueta lingüística ( $s_i$ ) más cercana en  $S$ .

A partir de este concepto es desarrollado un nuevo modelo de representación de la información lingüística el cual hace uso de un par de valores, o 2-tuplas. Este modelo de representación define un conjunto de funciones que facilitan las operaciones sobre dichos valores.

Definición 2: [4] Sea  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$  un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la 2-tupla lingüística que expresa la información equivalente a  $\beta$ , se obtiene usando la siguiente función:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-.5, .5]$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ con } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-.5, .5] \end{cases} \quad (1)$$

Donde round es el operador usual de redondeo,  $s_i$ , es la etiqueta con índice más cercano a  $\beta$  y  $\alpha$  es el valor de la traslación simbólica.

Es necesario destacar que  $\Delta^{-1}: \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$  es definida como  $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$ . De este modo, una 2-tupla lingüística  $\langle S \rangle$  queda identificada con su valor numérico en  $[0, g]$ .

### 4 MODELO DE MCD BASADO EN CWW

Pérez y colaboradores [17] proponen un modelo de MCD basado en computación con palabras. El peso de la conexión que va del concepto  $C_j$  al concepto  $C_i$  es representado mediante 2-tuplas lingüísticas. Dado que el modelo lingüístico basado en 2-tuplas permite realizar una transformación entre una 2-tupla lingüística y un valor numérico en el intervalo de granularidad  $[0, g]$  y los MCD trabajan sobre valoraciones numéricas expresadas en el intervalo  $[-1, 1]$ , se desarrolló una función para la transformación de una 2-tupla a un valor numérico en el intervalo  $[-1, 1]$  que nos permita trabajar con MCD. Además fue propuesto la transformación del valor numérico equivalente de una 2-tupla  $\beta$  a un valor numérico en el intervalo  $[-1, 1]$  del siguiente modo [20].

$$\gamma: [0, g] \rightarrow [-1, 1]$$

$$\gamma(v) = \frac{2v}{g-1} - 1 \quad (2)$$

$$\gamma^{-1}: [-1, 1] \rightarrow [0, g]$$

$$\gamma^{-1}(v) = \frac{(v+1)(g-1)}{2} \quad (3)$$

Donde  $g$  es la granularidad del conjunto de términos  $S$ .

Las funciones anteriores junto a las funciones asociadas con la 2-tupla, permiten la representación de relaciones causales (6) para la realización del proceso de inferencia causal utilizando las 2-tuplas (8).

## 5 MODELO PROPUESTO

En esta sección se presenta el procedimiento empleado para el modelado y análisis de los factores críticos de éxito implicados en la implantación de sistemas CRM. El mismo tiene como propósito fundamental mejorar la interpretabilidad de los modelos y una gestión más adecuada del conocimiento. Las fases incluidas en el modelo propuesto se representan gráficamente en la Figura 1 y son detalladas a continuación:

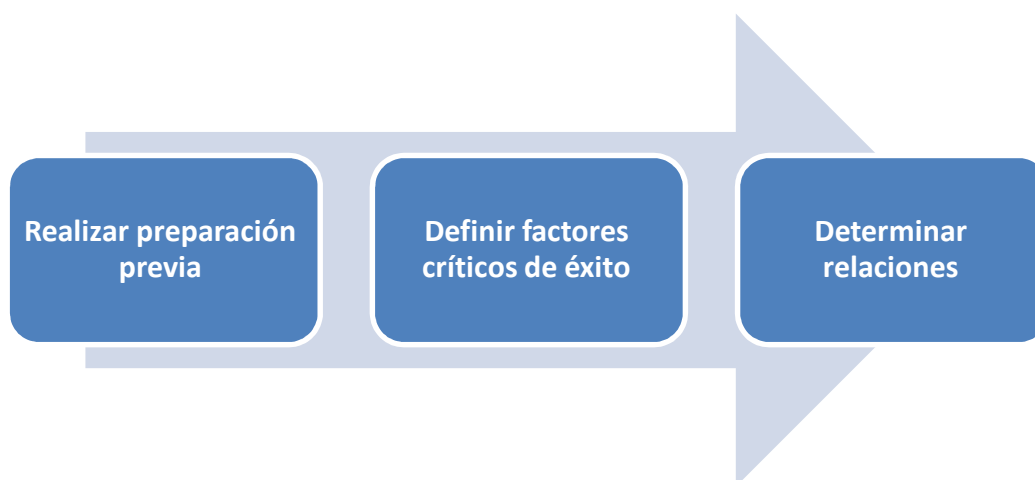


Fig. 1. Fases del modelo propuesto

### REALIZAR PREPARACIÓN PREVIA

En primer lugar se identifican las fuentes de información a incluir. Siempre que sea posible se recomienda la participación de múltiples expertos que representan distintos puntos de vista. Adicionalmente se definen conjuntos de términos lingüísticos que serán empleados para el modelado de las relaciones. Siendo:  $S = \{s_0, \dots, s_g\}$  el conjunto de términos lingüísticos.

Para que una fuente de información pueda expresar con mayor facilidad el conocimiento, es necesario que disponga de un conjunto apropiado de descriptores lingüísticos [21]:

### DEFINIR FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO

Se determinan los factores críticos de éxito en la implantación de sistema CRM, los cuales pasan a ser nodos en el modelo. Se define un factor crítico de éxito como actores un elemento necesario para que una organización o proyecto logren su misión [8]. Se pueden utilizar distintos métodos. Entre esto e destacan la consulta a expertos y/o la revisión de la literatura.

### DETERMINAR RELACIONES EXISTENTES

Se expresan las relaciones haciendo uso de los términos lingüísticos definidos. El peso de la conexión que va del concepto  $C_i$  al concepto  $C_j$ , dado por el experto  $k$ , es representado mediante 2-tuplas lingüísticas del siguiente modo:

$$W_{ij}^k = (s_u, \alpha)_{ij}^k \quad (4)$$

## 6 ESTUDIO DE CASO

A continuación se muestra la aplicación del procedimiento propuesto y el modelo causal obtenido, en este caso con la participación de un experto. Se parte de la definición de conjunto de términos lingüísticos de granularidad 9 (tabla 1).

**Tabla 1. Términos lingüísticos asociados a las relaciones causales**

Término	Descripción
$S_0$	Negativamente muy fuerte (NMF)
$S_1$	Negativamente fuerte (NF)
$S_2$	Negativamente media (NM)
$S_3$	Negativamente débil (ND)
$S_4$	Cero (C)
$S_5$	Positivamente débil (PD)
$S_6$	Positivamente media (PM)
$S_7$	Positivamente fuerte (PF)
$S_8$	Positivamente muy fuerte (PMF)

A partir de un estudio de la bibliografía[22] y la experiencia del experto se obtuvo un conjunto de factores críticos de éxito.

**Tabla 2. Factores críticos de éxito en proyectos de integración de datos**

ID	Factor	Descripción
F1	Orientación al mercado	La organización debe estar orientada al mercado, o al menos tener la percepción de la necesidad de este.
F2	Flexibilidad	Es necesario diseñar el sistema para lograr una elevada flexibilidad que permita adaptación al ambiente cambiante
F3	Apoyo de alta gerencia	Apoyo de los directivos de la organización que permita contar la coordinación y los recursos necesarios.
F4	Incluir cambios organizacionales	Se debe planificar dentro del alcance del proyecto elementos de cambio organizacional como son los culturales y los procesos
F5	Participación de los usuarios	Participación activa de los usuarios en el proyecto.
F6	Tiempo	Tiempo en que se le da respuesta a los distintos stakeholders

Una vez modeladas las relaciones entre conceptos se llegó al siguiente mapa cognitivo difuso (Tabla 3.)

**Tabla 3. Matriz de adyacencia**

$S_4$	$S_4$	$S_5$	$S_4$	$S_4$	$S_4$
$S_5$	$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_1$
$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_5$	$S_2$
$S_4$	$S_5$	$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_4$
$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_4$	$S_1$
$S_4$	$S_4$	$S_5$	$S_4$	$S_4$	$S_4$

Se destaca en el estudio la influencia que tienen los factores F2, F3 y F5 en la reducción del factor tiempo (F6). Dentro de las ventajas encontradas se encuentra la interoperabilidad del modelo y la ventaja que presenta la posibilidad de las interrelaciones. A partir de esa representación es posible desarrollar distintos tipos de análisis tanto estáticos como dinámicos [8].

## 7 CONCLUSIONES

Los MCD se han demostrado como una herramienta útil de apoyo a la toma de decisiones. En este trabajo se ha presentado un nuevo modelo de MCD utilizando el paradigma de computación con palabras el modelado de los factores críticos de éxito en la implantación de CRM. Para ello, se ha utilizado el modelo de representación basado en 2-tuplas lingüísticas que permite realizar procesos de computación con palabras sin pérdida de información.

Se muestra un estudio de caso donde se obtiene un modelo específico. Como trabajo futuro se propone el análisis dinámico, la inclusión de métodos al aprendizaje automático y otras formas de representación de la incertidumbre en las relaciones causales. Otra área de trabajo constituye la incorporación de múltiples expertos y estudio experimental de la precisión del mismo.

## REFERENCIAS

- [1] Kosko, B., *Fuzzy cognitive maps*. International Journal of Man-Machine Studies, 1986. **24**(1): p. 65-75.
- [2] Leyva-Vázquez, M., et al., *Técnicas para la representación del conocimiento causal. Un estudio de caso en Informática Médica*. ACIMED, 2013. **24**(1).
- [3] Axelrod, R.M., *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. 1976: Princeton University Press Princeton, NJ.
- [4] Zadeh, L.A., *Fuzzy sets*. Information and Control, 1965. **8**(3): p. 338-353.
- [5] Martí, L. and F. Herrera, *An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: extensions, applications and challenges*. Information Sciences, 2012. **207**: p. 1-18.
- [6] Rahimi, R., et al., *Implementing customer relationship management (CRM) in hotel industry from organizational culture perspective: case of a chain hotel in the UK*. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 2016. **28**(1).
- [7] Montoya Agudelo, C.A., B. Saavedra, and M. Ramiro, *El CRM como herramienta para el servicio al cliente en la organización*. Visión de futuro, 2013. **17**(1): p. 0-0.
- [8] Leyva-Vázquez, M.Y., R. Rosado-Rosello, and A. Febles-Estrada, *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información, 2012. **43**(2): p. 41-6.
- [9] Ping, C.W., *A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network*, in Department of Computer Science. 2009, Chonnam National University. Doctoral Thesis.
- [10] Papageorgiou, E.I., *Learning Algorithms for Fuzzy Cognitive Maps---A Review Study*. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 2011. **PP**(99): p. 1-14.
- [11] Kosko, B., *Fuzzy engineering*. 1997, Prentice-Hall, Inc.
- [12] Zhi-Qiang, L.I.U., *Causation, bayesian networks, and cognitive maps*. ACTA AUTOMATICA SINICA, 2001. **27**(4): p. 552-566.
- [13] Salmeron, J.L., *Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps*. Expert Systems with Applications, 2010. **37**(12): p. 7581-7588.
- [14] Papageorgiou, E., C. Stylios, and P. Groumpos, *Introducing Interval Analysis in Fuzzy Cognitive Map Framework Advances in Artificial Intelligence*, G. Antoniou, et al., Editors. 2006, Springer Berlin / Heidelberg. p. 571-575.
- [15] Iakovidis, D.K. and E. Papageorgiou, *Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making*. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, 2011. **15**(1): p. 100-107.
- [16] Stylios, et al., *Fuzzy cognitive map architectures for medical decision support systems*. Applied Soft Computing, 2008. **8**(3): p. 1243-1251.
- [17] Teruel, K.P., M.L. Vázquez, and M.E. Estévez, *Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos*. 2014, 2014. **8**(2).
- [18] Martínez, L., R.M. Rodríguez, and F. Herrera, *The 2-tuple Linguistic Model: Computing with Words in Decision Making*. 2016: Springer.
- [19] Herrera, F., et al., *Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects*. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2009. **8**(4): p. 337-364.
- [20] Pérez-Teruel, K., et al., *Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 2014. **8**(2): p. 19-34.
- [21] Espinilla, M., *Nuevos Modelos de Evaluación Sensorial con Información Lingüística*. SCHOOL= Universidad de Jaén, YEAR= 2009, 2009.
- [22] Wilson, H., E. Daniel, and M. McDonald, *Factors for success in customer relationship management (CRM) systems*. Journal of marketing management, 2002. **18**(1-2): p. 193-219.