

Tipo de artículo: Artículo original  
Temática: Inteligencia organizacional y arquitecturas empresariales  
Recibido: 10/05/16 | Aceptado: 14/06/16

## **Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso**

### *Procedure for determining the rate of organizational control using fuzzy cognitive map*

Omar Mar Cornelio<sup>1\*</sup>, Bárbara Bron Fonseca<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Facultad 6, Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños Km 2 ½ reparto Torrens Boyeros. [omarmar@uci.cu](mailto:omarmar@uci.cu)

<sup>2</sup> Empresa de Tecnologías de la Información para la Defensa. [bbron@xetid.cu](mailto:bbron@xetid.cu)

\* Autor para correspondencia: [omarmar@uci.cu](mailto:omarmar@uci.cu)

---

#### **Resumen**

Para que una empresa sea productiva, requiere de una alta cohesión en los elementos que intervienen en su sistema de control interno. Con el objetivo de analizar las tendencias de control que poseen las organizaciones, la Contraloría General de la República de Cuba, establece una guía de autocontrol donde cada entidad en períodos determinados revisa el comportamiento de dichos indicadores. Sin embargo, se requiere de tiempo y sistematicidad en el trabajo del control para lograr cumplir con todos sus elementos sin contar que el modelo actual no permite identificar los componentes críticos para priorizar el trabajo hacia esa dirección. El presente trabajo describe una solución a la problemática planteada mediante la realización de un procedimiento que aplica técnicas multicriterio con el consenso de experto representado mediante Mapas Cognitivo Difuso para establecer un ranking a los indicadores de la guía de autocontrol, utiliza como proceso de inferencia operador de de agregación de información OWA para la obteniendo el índice de control de una organización. Se aplica un estudio de caso donde se fue posible representar el consenso de experto mediante Mapa Cognitivo difuso y fue posible determinar el control organizacional.

**Palabras clave:** consenso de experto; guía de autocontrol; técnicas multicriterios; mapa cognitivo difuso.

### **Abstract**

*For a company to be productive, requires high cohesion in the elements involved in the system of internal control. In order to analyze trends have control organizations, the Comptroller General of the Republic of Cuba, provides a guide to self where each entity in certain periods checks the behavior of these indicators. However, it takes time and consistency in work control to achieve compliance with all its elements without which the current model does not identify the critical components to prioritize work in that direction. This paper describes a solution to the problem created by performing a procedure that applies multicriteria techniques with expert consensus Fuzzy Cognitive Maps depicted by establishing a ranking indicators to guide self-control, used as a process of inference operator OWA aggregation of information for obtaining the rate control of an organization. A case study where it was possible to represent expert consensus using fuzzy cognitive map and it was possible to determine the organizational control applies*

**Keywords:** expert consensus; guide to self; multicriteria techniques; fuzzy cognitive map.

---

## **Introducción**

El desarrollo de una entidad está condicionado sustancialmente por el grado de efectividad, sistematicidad, organización, planificación y control en todas las esferas que intervienen en sus procesos internos.

A partir de la necesidad de evaluar las prácticas de control organizacional, la Contraloría General de la República de Cuba implementa una guía de autocontrol mediante la cual las entidades revisan los indicadores establecidos en periodos de tiempo determinados Contraloría (CONTRALORÍA 2009a) ,(CONTRALORÍA 2009b), Este proceso requiere de varias iteraciones del proceso antes de lograr un resultado satisfactorio. Cuando las instituciones evaluadas poseen muchos elementos por corregir y no se tienen identificados los componentes críticos que permitan organizar y priorizar el trabajo, las funciones de control tienden a ser engorrosas y a alejarse de la realidad, obteniendo un resultado más crítico en la medida que se incrementa el número de iteraciones.

La presente investigación propone un procedimiento que mediante el empleo de técnicas multicriterios con el consenso de experto representado mediante Mapa Cognitivo Difuso (MCD) permita determinar el índice de control de una organización tomándose como instrumento la guía de autocontrol vigente.

## **Materiales y métodos**

Problemas donde se desea seleccionar la mejor alternativa dentro de un conjunto de ellas o simplemente ordenarlas, utilizando el criterio de uno o varios expertos y con la evaluación de más de una medida de efectividad se presentan diariamente en el ámbito empresarial. El autor propone utilizar el criterio de los expertos con la utilización de MCD y operadores de agregación de información, para ello diseñó un procedimiento, el cual se basa en el enfoque multicriterio, (ROMERO and CH. 1997), (ACOSTA 2009), (GLYKAS and GROUMPOS 2010), (MAR 2014) compuesto por los siguientes pasos:

Paso 1. Selección de los expertos.

Paso 2. Determinación de la importancia de cada uno de los criterios a valorar.

Paso 3. Obtención de las evaluaciones emitidas sobre los indicadores.

Paso 4: Determinación del Índice de Control para la organización

A continuación se expone cómo se realiza cada uno de estos pasos:

Paso 1. Selección de los expertos.

Deben ser seleccionados considerándose las especialidades implicadas en la problemática, así como la representatividad de las diferentes instituciones, organismos o departamentos encargados de tomar las decisiones.

Los expertos han de ser personas con un grado de conocimiento e implicación en el problema y no han de tener ninguna motivación política o económica que pueda condicionar su propia libertad de opinión (ARAGONÉS 2008), (CRUZ 2012). Los mismos deben ser representativos de todos los segmentos posibles referidos a: procesos diferentes, áreas de interés, profesiones o cualquier otra variable que los identifique. Se debe tener en cuenta que el número de expertos debe estar entre 7 y 13 y se recomienda que sea un número impar. Por lo que si el número de expertos no cumple las especificaciones anteriores se debe realizar un ajuste (BARROSO 2003), (SALINA 2004), (GARZA 2012).

Paso 2. Determinación de la importancia de cada uno de los criterios a valorar

Se parte de la identificación de los criterios valorativos donde se realiza la selección de los indicadores definidos por la guía de auto control de la Contraloría General de la República de Cuba.

Para determinar la importancia, el grupo de expertos debe ser capaz de obtener información racional respecto a sus preferencias.

Para el autor se entenderá por importancia  $W$  al valor que se le atribuye a la evaluación de un criterio con respecto al resto de los criterios. Uno de los principales aspectos en el análisis de los problemas, es conocer cuál es el criterio más importante y cuánto más. Los pesos se determinarán a través de las valoraciones de los expertos. Estos podrán expresar sus preferencias de dos formas: a través de un valor cuantitativo o a través de la comparación entre los criterios.

Cuando los expertos emiten sus valoraciones respecto a los criterios, si dos criterios tienen igual valoración indica que ambos criterios son igualmente importantes y si un criterio tiene mayor valor que otro significa que este primero es más importante. Más de un criterio puede tener el mismo valor, el valor cero para algún criterio indica la no importancia del criterio, mientras que el valor más alto indica la máxima importancia para ese criterio.

A cada experto se le pide que emita su opinión acerca de la importancia que tiene cada indicador con relación a los demás para el proyecto a evaluar. La sumatoria de estos valores relativos debe ser igual a 100.

EP: Función (1) promedio que mediante la cual es obtenido el valor relativo de cada criterio

$$EP = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{E} \quad (1)$$

Donde:

$W_i$ : representa el peso de los vectores de peso atribuido a un criterio.

E: cantidad de expertos que participa en el proceso.

Mediante MCD se puede modelar relaciones causalidad, combinándose herramientas teóricas de los mapas cognitivos, la lógica difusa, las redes neuronales, las redes semánticas, los sistemas expertos, y los sistemas dinámicos no lineales (GONZÁLEZ and MAR 2015), (LIN and LEE 2002). Los MCD pueden ser representados mediante una matriz de adyacencia la cual es obtenida a partir de los valores asignados a los arcos

Esta agregación de conocimiento permite mejorar la fiabilidad del modelo final, el cual es menos susceptible a creencias potencialmente erróneas de un único experto (SALMERON, J 2009), (MAR *et al.* 2016). Sin embargo la media aritmética es muy sensible a la presencia de valores atípicos.

El valor relativo de cada criterio se obtiene a través de la sumatoria de los valores otorgados por los expertos en cada criterio entre la cantidad de expertos que participan en la actividad. El peso  $P$  de los criterios se determina con la función (2)

$$P = \frac{EP}{100} \tag{2}$$

Donde:

$P$  : Peso absoluto.

$EP$  : Media aritmética de los valores por cada criterio

Cada modelo causal se puede representar por un grafo dirigido, denominado grafo causal. Existen diferentes tipos de causalidad que pueden ser expresados de forma gráfica (PEÑA *et al.* 2007), como muestra la figura 1.

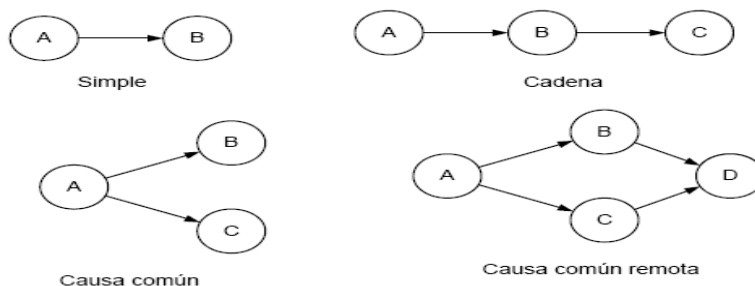


Figura 1: Esquema de grafo causal.

Los mapas cognitivos son muy útiles para generar conocimiento puesto que la causalidad es difusa, acomodan su base de conocimientos de acuerdo a expertos (JETTER and SCHWEINFORT 2011), por lo que su resultado dependerá en mucho del conocimiento expresado por los expertos (PAJARES and GUAJARDO 2010). El análisis estático permite obtener la centralidad conceptual causal de los mapas cognitivos, se define con los componentes de la matriz de adyacencia. Los parámetros modelados son grado de salida  $od$ , grado de entrada  $id$  y la centralidad  $C$  (SALMERON, J. L. and LOPEZ 2012).

$$\text{Grado de salida } od_i = \sum_{j=1}^n \|I_{ij}\| \tag{3}$$

$$\text{Grado de entrada } id_i = \sum_{j=1}^n \|I_{ji}\| \tag{4}$$

$$\text{Centralidad } C_i = od_i + id_i \tag{5}$$

Paso 3. Obtención de las evaluaciones emitidas sobre los criterios:

El proceso de obtención de las evaluaciones emitidas para cada criterio, consiste en hacer corresponder los valores identificados en la guía para lo cual se le asigna a cada indicador su por ciento equivalente con el promedio del componente seleccionado.

Paso 4. Determinación del Índice de Control (IC) para la organización

Para la determinación del IC el autor propone la como procesamiento decisional el operador de agregación de información OWA, Ordered Weighted Averaging, media ponderada ordenada (FILEV, D and YAGER 1998a). Este método unifica los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una solo expresión(FILEV, D and YAGER 1998b). Con la aplicación del proceso de agregación de la información, obtenido mediante la función de importancia (6), se genera el vector de control.

$$F(p_1, p_2, \dots, p_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \tag{6}$$

Donde:

P: Conjunto de preferencias  $P = \{p_{(c1)}, \dots, p_{(cn)}\}$  sobre la evaluación del comportamiento de las preguntas realizadas por los estudiantes del cuestionario.

$b_j$ : es el j-ésimo más grande de los  $p_j$  ordenados.

W: es el vector de peso obtenido (se obtienen en el paso 2) como P;  $W_{ij} \in [0,1]$  y  $\sum_{j=1}^n W_j = 1$

Teniéndose el resultado del IC se utiliza la escala definida por Sanchez (SÁNCHEZ 2012) en la Tabla 1 haciendo corresponder los valores de control con el estado de la organización.

Tabla 1: Rango para evaluar IC

Rango de IC	Nivel de control
$0.7 < IC$	Alto control
$0.5 < IC < 0.7$	Medio control
$0.3 < IC < 0.5$	Bajo control
$IC < 0.3$	Insuficiente control

## Resultados y discusión

Caso de estudio “Facultad 6”: La Universidad de las Ciencias Informática cuenta con siete facultades desde la 1 hasta la 7 encargadas de dirigir los procesos docentes. Se tomo como ejemplo la Facultad 6 donde se implementa la propuesta presentada.

Paso 1. Selección de los expertos:

Para la selección de los expertos se define que el área del conocimiento en la que se enmarcan sus competencias sean las de: “Dirección” con dominio en los siguientes temas: especialista en calidad, auditoría y control de procesos, alta experiencia demostrada y que intervengan diversas instituciones.

Después de identificar los posibles candidatos se realizó una selección de 9 candidatos según la apreciación de los autores.

Paso 2. Determinación de la importancia y peso de cada uno de los criterios a valorar.

Se inicia el proceso con la identificación de los criterios a valorar. La Guía de Autocontrol corresponde con la Norma del Sistema de Control Interno aprobada mediante la Resolución No. 60/2011 de la Contralora General de la República con el objetivo fundamental de brindar una herramienta de trabajo, cuenta con cuatro componentes fundamentales en los que se enmarcan todos los procesos de una organización. El componente Ambiente de Control cuenta con 41 indicadores, la Gestión y Prevención de Riesgos con 9 indicadores, las Actividades de Control con 33, la Información y Comunicación con 13 indicadores y la Supervisión y Monitoreo 13 para un total de 109 indicadores. Para determinar la importancia se entenderá por valor relativo a la importancia que se le atribuye a la evaluación de un criterio con respecto al resto de los criterios. Para ello se encuesta a cada experto pidiendo que emita su opinión acerca de la importancia que tiene cada componente con relación al resto de los componentes. Se especifica que la sumatoria de estos valores relativos debe ser igual a 100.

La Tabla 2 visualiza el resultado de la encuesta realizada a los expertos.

Tabla 2: Matriz de adyacencia sobre resultados emitido por los expertos a los indicadores.

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
C1	12	10	14	13	13	11	14	13	11
C2	26	24	28	27	25	26	24	26	26
C3	24	26	22	22	25	26	23	22	23
C4	12	12	12	14	10	12	13	12	12
C5	26	28	24	24	27	25	26	27	28

Mediante la aplicación de la función (1), se obtiene el valor promedio emitido por los expertos del proceso los cuales son representado en forma de conocimiento mediante el MCD general, donde se representa las relaciones causales expresadas en forma gráfica sobre las valoraciones emitidas por los expertos con sus respectivas causalidades. La figura 2, visualiza las relaciones causales obtenidas en la matriz de adyacencias Tabla 2.

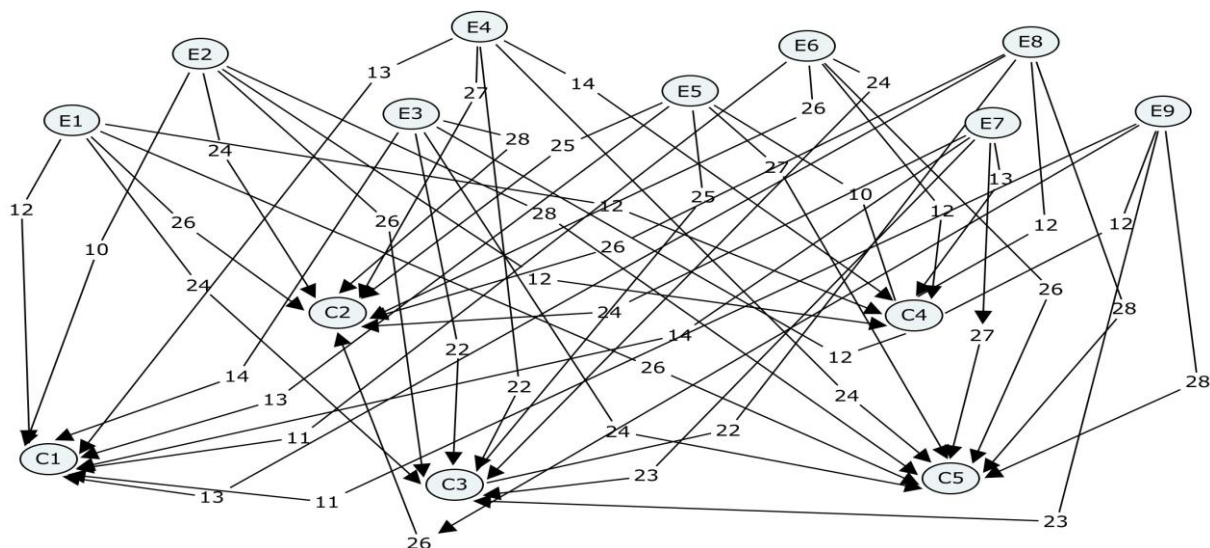


Figura 2: Mapa cognitivo difuso general obtenido.

Posteriormente se identifica el peso (P) relativo de cada criterio y se calcula el Índice del peso relativo de cada componente, la Tabla 3 visualiza el cálculo del peso relativo de cada componente, se define partiendo de la evaluación 7:

$$P = \frac{EP_n}{100} \quad (7)$$

P: peso relativo

EPn: valor de la media aritmética en los criterios apuntado por n.

Tabla 3: determinación del peso relativo de los componentes.

C/E	ΣE	EP	P
C1	111	12.3333	0.1233
C2	232	25.7778	0.2578
C3	213	23.6667	0.2367
C4	109	12.1111	0.1211
C5	235	26.1111	0.2611



Paso 3. Obtención de las evaluaciones emitidas sobre los indicadores:

Para este paso se revisa el resultado de la Guía aplicada. La Tabla 6 muestra los indicadores que son definidos satisfactoriamente por la organización expresándose su porcentaje correspondiente, los que son normalizados para obtener una escala entre 0 y 1.

Tabla 4: Resultados sobre la aplicación de la Guía de Autocontrol en la Facultad 6.

Componentes	Total de indicadores	Indicadores correctos	% de indicadores correctos	Normalizar
Ambiente de Control	41	38	92.68	0.93
Gestión y Prevención de Riesgos	9	7	77.78	0.78
la Actividades de Control	33	28	84.85	0.85
la Información y Comunicación	13	7	53.85	0.54
Supervisión y Monitoreo	13	5	38.46	0.38
Total	109	85	77.98	0.78

Paso 4: Determinación del Índice de Control para la organización

Una vez identifica el peso (P) relativo de cada criterio y se calcula el Índice de Control (IC) de la solución integral. La Tabla 5 simula las operaciones que son realizadas en el cálculo del Índice de Control para lo cual se utiliza la ecuación (6):

Tabla 5. Determinación del Índice de Control.

P	W	$F(p_1, p_2, \dots, p_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j$
0.93	0.2611	0.242823
0.85	0.2578	0.21913
0.78	0.2367	0.184626
0.54	0.1233	0.066582
0.38	0.1211	0.046018
IC	0.759179	

Asignación de la evaluación final.

Por último se determina la evaluación final mediante el Índice de Control obtenido en la Tabla5 para ellos se busca el IC en la Tabla1 obteniéndose un nivel alto de Control por la organización objeto de estudio quedando identificado los componentes 4 y 5 como los elementos más crítico en la organización.

## Conclusiones

Para que una organización logre comparar el comportamiento sobre su sistema de control interno, requiere de la implementación de mecanismo que faciliten determinar su incidencia o tendencia de control.

Con la creación de un procedimiento que aplique técnicas multicriterios con el consenso de experto representando el conocimiento mediante MCD para medir el impacto de los indicadores de la guía de autocontrol, es posible determinar el índice de control de una organización.

Mediante la aplicación práctica de la propuesta presentada en el caso de estudio “Facultad 6”, se pudo evidenciar que es posible contar con un procedimiento capaz de identificar los componentes de la guía de autocontrol con mayor impacto en la organización destacándose los componte 4 y 5 como los más crítico requiriendo enfocar la toma de decisiones hacia dicha dirección.

## Referencias

- ACOSTA, M. Revisión de técnicas de análisis de decisión multicriterio (múltiple criteria decisión analysis –MCDA) como soporte a problemas complejos: pronósticos de demanda *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 2009, Vol.7(No.2): 91-110.
- ARAGONÉS, B. Evolutionary Techniques applied to the optimal short-term scheduling of the electrical energy production *European Journal of Operacional Research*, 2008, Vol.185(No.3): pp. 1114-1127.
- BARROSO, H. Técnicas matemáticas para la obtención del consenso grupal en la toma de decisiones, 2003.
- CONTRALORÍA. *Bases para la constitución de la contraloría general*, [En línea]. 2009a. [Disponible en: <http://www.contraloria.cu/>
- . *Contraloría General de la República de Cuba*, [En línea]. 2009b. [Disponible en: [http://www.contraloria.cu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=84&Itemid=22](http://www.contraloria.cu/index.php?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=22)
- CRUZ, M. Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones educativas. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2012, Vol.14(No.2): pp. 167-179.

- FILEV, D. and R. YAGER On the issue of obtaining OWA operator weights *Fuzzy Sets and Systems.*, 1998a, Vol. 94(No. 2): 157-169.
- FILEV, D. and R. YAGER On the issue of obtaining OWA operator weights. *Fuzzy Sets and Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 1998b, Vol. 94 (No.2): 157-169.
- GARZA, R. Concepción de un procedimiento utilizando herramientas cuantitativas para mejorar el desempeño empresarial *RII*, 2012, Vol.33(No.3).
- GLYKAS, M. and P. GROUMPOS Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps *Springer Berlin / Heidelberg.*, 2010, Vol. 247: 1-22.
- GONZÁLEZ, J. and O. MAR Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación *Publicaciones*, 2015, Vol.8(No.1): 1-14.
- JETTER, A. and W. SCHWEINFORT Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy *Futures*, 2011, Vol. 43 (No.1 ): 52-66.
- LIN, C. and C. LEE Neuralnetwork- based fuzzy logic control and decision system. *IEEE*, 2002, Vol.40: pp. 1320-1336.
- MAR, O. Procedimiento para determinar el índice de control organizacional *Revista Infociencia*, 2014, Vol.18(No.2).
- MAR, O.; L. ARGOTA, *et al.* Módulo para la evaluación de competencias a través de un Sistema de Laboratorios a Distancias *RCCI*, 2016, Vol.10(No.2): 132-147.
- PAJARES, G. and M. GUAJARDO Fuzzy cognitive maps applied to computer vision tasks *Grecia: Springer-Verlag*, 2010, Fuzzy cognitive maps. En M. Glykas. *Studies in fuzziness and soft computing*. 247: 259-289.
- PEÑA, A.; H. SOSSA, *et al.* Mapas Cognitivos: un Perfil y su Aplicación al Modelado del Estudiante. Centro de Investigación en computación *IPN*, 2007, Vol. 10: pp. 230-250.
- ROMERO, B. P. and A. J. CH. Decisiones multicriterio: Fundamentos Teóricos y Utilización práctica *Colección de Economía. Universidad de Alcalá*, 1997, España. 66-90 p. .
- SALINA, G. Procedimiento multicriterio multiexperto para la toma de decisiones empresariales *RII*, 2004, Vol XXXIII, No I. ISSN:1815-5936.
- SALMERON, J. Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors *Knowledge-Based Systems*, 2009, Vol.22 (No.4): 275-278.
- SALMERON, J. L. and C. LOPEZ Forecasting Risk Impact on ERP Maintenance with Augmented Fuzzy Cognitive Maps *Software Engineering, IEEE Transactions on*, 2012, 38(2): 439-452.

SÁNCHEZ, K. *Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones*, [En línea]. 2012. [Disponible en: <http://semanatecnologica.fordes.co.cu/ocs-2.3.2/public/site/246.pdf>]