

Método para evaluar el desempeño de los recursos humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras

Method for Evaluating the Performance of Human Resources in Medical Projects by Computing with Words

Bárbara Bron Fonseca^{1*} 0000-0001-9463-8408
Omar Mar Cornelio² 0000-0002-0689-6341

¹ Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.

² Centro de Estudio de Matemática Computacional, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.

^{1*} Autor para la correspondencia: bbron@uci.cu

RESUMEN

Introducción: el proceso de evaluación del desempeño de los recursos humanos en proyectos médicos está sujeto a niveles considerables de subjetividad, lo cual genera incertidumbre a la hora de tomar decisiones. Problemas de esta índole donde se incluye la evaluación y clasificación de alternativas en el proceso, pueden ser abordados a través de la Computación con palabras.

Objetivo: el objetivo del presente trabajo es desarrollar un método para la evaluación del desempeño de los recursos humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras.

Materiales y métodos: se utilizan los conjuntos de datos lingüísticos para mejorar la interpretación de los resultados. Se emplea el modelo de representación de la información lingüística basado en 2-tuplas en el tratamiento de la incertidumbre. El procesamiento de la información se realizó mediante los operadores de agregación de información Promedio Ponderado Ordenado que permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos obteniéndose un valor representativo.

Resultados: se obtiene un método de apoyo a la toma de decisiones basado en la computación con palabras. El método propuesto fue implementado para manejar la incertidumbre existente en el proceso de evaluación del desempeño de los recursos humanos en proyectos médicos a partir de la evaluación y clasificación de alternativas, basado en computación con palabras.

<http://scielo.sld.cu>



Este documento está bajo [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Conclusiones: la implementación del método propuesto, permite evaluar y clasificar a los Recursos Humanos según su desempeño.

Palabras clave: evaluación del desempeño; toma de decisiones; computación con palabras; 2-tuplas; proyectos de informática médica.

ABSTRACT

Introduction: the process of evaluating the performance of human resources in medical projects is subject to considerable levels of subjectivity, which generates uncertainty when making decisions. Problems of this nature, where the evaluation and classification of alternatives is included in the process, can be addressed through Computing with Words.

Objective: to develop a method for evaluating the performance of human resources in medical projects using Computing with Words.

Method: linguistic data sets are used to improve the interpretation of the results. The 2-tuple-based linguistic information representation model is used in the treatment of uncertainty. The information processing was performed using the Ordered Weighted Average information aggregation operators that allow the aggregation of information according to predefined parameters obtaining a representative value.

Results: a method of decision support is obtained, based on Computing with Words. The method was implemented to manage the uncertainty in the process of evaluating the performance of human resources in medical projects based on the evaluation and classification of alternatives.

Conclusions: the implementation of the proposed method allows evaluating and classifying human resources according to their performance.

Keywords: performance evaluation; decision making; computing with words; 2-tuples; medical informatics projects.

Recibido: 8/4/2020

Aprobado: 1/7/2020

Introducción

La organización de profesionales dedicados a la producción de sistemas informáticos para la medicina, suele realizarse en proyectos. Entre los factores fundamentales que influyen en el éxito de estos proyectos médicos están los Recursos Humanos (RR.HH)⁽¹⁾.

Cada vez son más los sectores e instituciones que llevan a cabo procedimientos relacionados con el desarrollo del capital humano para alcanzar un desempeño superior y satisfacer la continua necesidad de elevar la productividad, enfocándose en la Gestión por competencias ⁽²⁾.

<http://scielo.sld.cu>



Este documento está bajo [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Entre las causas fundamentales del fracaso de proyectos se señalan: insuficiente formación de los RR.HH y consecuentemente errores en el desempeño de sus funciones ^{(3), (4)}. Este es un tema de alto impacto en el sector de la salud, pues una falla en el sistema puede generar la pérdida de vidas humanas ⁽⁵⁾. Evaluar el desempeño de los RR.HH en proyectos médicos constituye el proceso por el cual se estima el rendimiento global del especialista y es indispensable para que éste se esfuerce por mejorar la calidad de su labor ⁽⁶⁾. Muchas instituciones utilizan esta información para determinar las compensaciones a otorgar. Un buen sistema de evaluación puede también identificar problemas de funcionamiento ⁽⁷⁾, indicar la necesidad de volver a capacitar, o revelar un potencial no aprovechado ⁽⁸⁾.

Para evaluar el desempeño de los RR.HH, autores como Rocío de Andrés et Al ⁽⁹⁾ han definido una serie de criterios atendiendo al cumplimiento de sus funciones. Estos criterios, aunque ayudan en el proceso de toma de decisiones, generan un alto grado de incertidumbre, ya que en este tipo de evaluación se puede caer en la subjetividad.

La capacidad para tomar decisiones, discernir entre diferentes alternativas o seleccionar una alternativa atendiendo a diferentes criterios, es una de las características propias de los seres humanos y como tal se utiliza diariamente en la vida cotidiana ⁽¹⁰⁾. En este contexto es imprescindible el uso de técnicas de apoyo a la toma de decisiones como son: Análisis de datos, Aprendizaje automático, Clasificación, Predicción y Selección de alternativas. Esta última será objeto de estudio en la presente investigación a partir de la utilización de métodos de soft computing, específicamente la computación con palabras.

Una vez identificado el problema de toma de decisiones, se define como objetivo de la presente investigación desarrollar un método para la evaluación del desempeño de los recursos humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras.

Preliminares

La computación con palabras (Computing With Words, CWW) es una metodología en la que los objetos de la computación son palabras o frases definidas en un lenguaje natural como sus principales objetos de cómputo en lugar de números ⁽¹¹⁾, por ejemplo: "pequeño", "grande", "caro", "muy posible" ⁽¹²⁾ o incluso frases más complejas como "La mayoría de los días en clima cálido, el flujo de pacientes es bajo o muy bajo" ⁽¹³⁾.

Partiendo de este concepto, el proceso de evaluación del desempeño de los RR.HH en proyectos médicos, que se presenta en esta investigación como un problema de toma de decisiones, puede ser abordado por la CWW usando conjuntos de términos lingüísticos.

Para definir un conjunto de términos lingüísticos es importante establecer previamente la granularidad de la incertidumbre del conjunto de etiquetas lingüísticas con que se va a trabajar. La granularidad de la incertidumbre es la representación cardinal del conjunto de etiquetas lingüísticas usadas para representar la información ⁽¹⁴⁾.

En la literatura se pueden encontrar diferentes metodologías para definir la semántica de un conjunto de términos lingüísticos. En esta investigación se define la semántica basándose en funciones de pertenencia, en concreto a través de subconjuntos difusos en el intervalo [0; 1], descritos por una función de pertenencia ⁽¹⁵⁾.

<http://scielo.sld.cu>



El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. En la literatura aparecen diferentes modelos que permiten operar con etiquetas lingüísticas. En esta investigación se utilizará el Modelo de representación de la información lingüística basado en 2-tuplas. Este modelo está fundamentado en el concepto de traslación simbólica y permite operar con etiquetas lingüísticas sin pérdida de información.

Este modelo de representación facilita las operaciones sobre 2-tuplas y tiene un modelo computacional asociado; se ha demostrado que con este modelo, las operaciones con etiquetas con semántica triangular y simétrica se realizan sin pérdida de información ⁽¹⁶⁾.

De acuerdo con Herrera ⁽¹⁷⁾, el modelo computacional lingüístico sobre la base de 2-tuplas lingüísticas lleva a cabo procesos de CWW fácilmente y sin pérdida de información, donde los dominios lingüísticos son tratados como continuos. Este modelo lingüístico toma como base el modelo de agregación simbólica y además define el concepto de traslación simbólica, utilizado para representar la información lingüística por medio de un par de valores lingüísticos denominados 2-tuplas (s, α) , donde s es un término lingüístico que representa la etiqueta lingüística central de la información y α es un valor numérico que representa la traslación simbólica desde la etiqueta original. Debido a estas ventajas, será utilizado para construir un proceso de agregación de la información heterogénea.

En esta investigación es importante establecer el operador de agregación que será utilizado en el modelo para resolver problemas de tomas de decisiones. Los operadores de agregación de información Promedio Ponderado Ordenado (Ordered Weighted Averaging), OWA por sus siglas en inglés, permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos obteniéndose un valor representativo ^{(16),(17)}. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado. El proceso de agregación se enmarca dentro de un límite determinado por un mínimo y un máximo.

Los operadores OWA muestran como característica el proceso de reordenamiento, que asocia los argumentos que presentan el estado de la naturaleza ponderada. Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (1)$$

Donde:

W es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i .

Método

Según Castillo ⁽¹³⁾ la toma de decisiones puede ser vista como el resultado final de algunos procesos mentales que conducen a la selección de una alternativa entre varias diferentes, ya que es una habilidad inherente al ser humano. Este autor propone un conjunto de pasos para resolver problemas de toma de decisiones en virtud de la información lingüística, y serán utilizados en este trabajo en el método para resolver problemas de tomas de decisiones como muestra la figura 1:

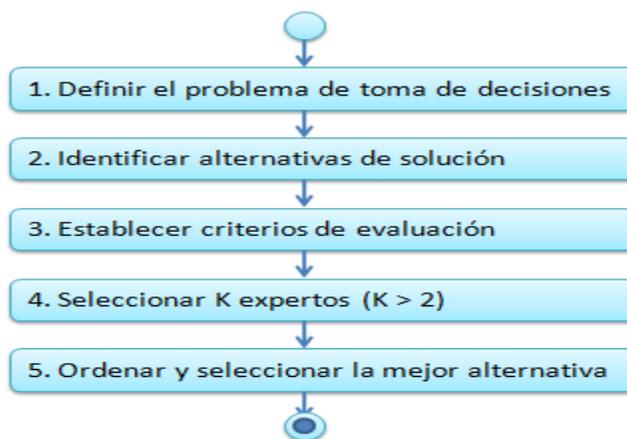


Fig.1- Pasos para resolver problema de toma de decisiones.

A continuación se describen cada uno de los pasos propuestos en la Figura 1:

Paso 1: Definir el problema de toma de decisiones

Se define el problema de toma de decisiones que será abordado a partir de la CWW para mejorar la interpretabilidad de los resultados. El problema que aquí se analiza se puede definir como un problema de toma de decisiones donde:

Se posee un conjunto A de alternativas y C criterios. Para cada criterio C_j el evaluador estima cada alternativa A_i . Se obtiene la evaluación C_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j .

Paso 2: Identificar alternativas de solución

Los problemas de toma de decisiones de manera general, consisten en situaciones de decisión en el que dos o más expertos expresan sus valoraciones sobre un conjunto finito de alternativas para obtener una solución (sobre una alternativa o un conjunto de alternativas) de forma lingüística donde:

<http://scielo.sld.cu>



$$A = \{a_1, \dots, a_n\}, \quad n \geq 2$$

En esta investigación A representa a los RR.HH.

Paso 3: Establecer criterios de evaluación

Se establece el conjunto de criterios que se utilizan para cuantificar la evaluación para las diferentes alternativas. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$$C = \{c_1, \dots, c_n\}, \quad n \geq 2$$

Paso 4: Seleccionar K expertos ($K > 2$)

En este paso se selecciona un conjunto finito de expertos de manera que:

$$E = \{e_1, \dots, e_n\}, \quad n \geq 2$$

En esta investigación, E representa los expertos que intervienen en el proceso. Los expertos tienen la función de determinar los pesos asociados a los criterios evaluativos utilizando un enfoque de trabajo en grupo. Para seleccionar los expertos se debe tener en cuenta que el área del conocimiento en la que se enmarcan sus competencias sea la dirección de proyectos médicos, con dominio en los siguientes temas:

1. Informática médica.
2. Técnicas para la toma de decisiones.
3. Planificación y control.
4. Procesos de producción.

Paso 5: Ordenar y seleccionar la mejor alternativa.

En este paso se realizan dos actividades fundamentalmente:

1. Elegir el operador de agregación de la información lingüística. Consiste en establecer un operador de agregación apropiado para agregar y combinar los valores de desempeño lingüísticos dados.

Agregación de la información lingüística: Obtiene una valoración lingüística colectiva para cada alternativa mediante la agregación de las valoraciones lingüísticas de los expertos mediante el operador de agregación seleccionado.

2. Elegir la mejor de las alternativas. Radica en elegir la mejor de las alternativas acorde a los valores de desempeño lingüísticos dados por los expertos ⁽²⁰⁾. Se realiza la siguiente fase ⁽²¹⁾:

Explotación: Ordenar las alternativas mediante el uso de las valoraciones colectivas obtenidas en la fase anterior con el objetivo de seleccionar la(s) mejor(es) alternativa(s).

Resultados y discusión

En esta sección se realiza la implementación del método para la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras.

Paso 1: Definir el problema de toma de decisiones.

La evaluación del desempeño de los RR.HH en proyectos médicos, es un proceso que genera incertidumbre ya que los métodos tradicionales de evaluación tienden a estereotipos subjetivos. La evaluación del desempeño se presenta entonces como un problema de toma de decisiones para los especialistas líderes en proyectos de informática médica.

Paso 2: Identificar alternativas de solución.

Para un proyecto de desarrollo de software, las alternativas son representadas por el grupo de especialistas que se vinculan directamente con el proceso. Constituyen los RR.HH del proyecto las alternativas de esta investigación. Para el proyecto analizado, se definen 5 alternativas para su evaluación del desempeño.

Paso 3: Seleccionar los expertos.

Para problemas de toma de decisiones en grupo, se emplea un conjunto de expertos que intervienen en el proceso. Para el presente método se seleccionaron 5 expertos que son utilizados en los pasos posteriores.

Paso 4: Establecer criterios de evaluación

Los criterios evaluativos representan la base sobre la cual se realiza la inferencia del método propuesto. Para la evaluación del desempeño de los RR.HH se definen sus criterios evaluativos. El proceso de identificación de los criterios evaluativos se realiza a partir del criterio del grupo

<http://scielo.sld.cu>



de expertos que interviene en el proceso. La tabla 1 presenta los criterios que conforman la base de inferencia del método, obtenidos mediante el presente paso.

Tabla 1- Criterios evaluativos

Número	Criterio
C ₁	Eficiencia en el cumplimiento de las tareas
C ₂	Cumplimiento de cronogramas de entrega
C ₃	Satisfacción de los requisitos del cliente
C ₄	Impacto de la solución en el sector de la salud
C ₅	Calidad de los artefactos generados
C ₆	Cumplimiento de los principios higiénicos-sanitarios establecidos en los despliegues
C ₇	Aprovechamiento de la jornada laboral

A partir de la identificación de los criterios evaluativos, se determinan los vectores de pesos asociados a los criterios. El proceso se realiza a partir del criterio de experto donde se obtiene una matriz de peso con los 5 vectores emitidos por cada experto sobre un criterio comprendido entre [0,1]. Posteriormente se realiza un proceso de agregación de información donde se obtiene el vector de peso para cada criterio evaluativo. La tabla 2 muestra el resultado del proceso de obtención de pesos sobre los criterios evaluativos.

Tabla 2- Criterios y vectores de pesos correspondientes.

Número	Vector de peso W
C ₁	0,82
C ₂	0,80
C ₃	0,75
C ₄	0,62
C ₅	0,74
C ₆	0,90
C ₇	0,86

Paso 5: Ordenar y seleccionar la mejor alternativa.

El proceso de selección y ordenamiento de las alternativas inicia con la asignación de las preferencias a cada alternativa. La asignación de las preferencias es la medida del desempeño realizado por los trabajadores, es la evaluación que le otorga el responsable administrativo a sus RR.HH. Para establecer las preferencias se emplean un conjunto de términos lingüísticos propuestos tal como muestra la tabla 3.



Tabla 3- Conjunto de términos lingüísticos empleados.

Variable	Término lingüístico	Valor
S ₀	Deficiente (D)	(0,0;0,33)
S ₁	Adecuado (A)	(0,33;0,66)
S ₂	Superior (S)	(0,66;1)

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos de las alternativas a partir del procesamiento de sus preferencias mediante el uso del operador de agregación de información OWA tal como expresa la ecuación 1, donde:

W_j es el vector OWA de peso asociado con la agregación para todas las alternativas.
 b_j es el j-ésimo más grande de las preferencias (Pref) de los usuarios.

Tabla 4- Resultados del procesamiento de las preferencias de cada alternativa.

Criterios	W	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄		A ₅	
		Pref	Agre								
C ₁	0,82	0,33	0,9	1	0,90	1	0,90	1	0,90	0,66	0,90
C ₂	0,80	0,66	0,56	0,66	0,86	0,66	0,86	1	0,86	0,66	0,86
C ₃	0,75	0,66	0,54	0,66	0,82	0,66	0,82	0,66	0,82	0,66	0,54
C ₄	0,62	1	0,52	1	0,52	1	0,80	1	0,80	1	0,52
C ₅	0,74	0,33	0,49	1	0,49	1	0,49	1	0,75	1	0,49
C ₆	0,90	0,66	0,24	0,66	0,48	0,66	0,48	0,66	0,48	0,66	0,48
C ₇	0,86	0,66	0,20	0,66	0,40	1	0,40	1	0,40	0,66	0,40
Índice			0,47		0,81		0,86		0,91		0,76

A partir de la asignación de las preferencias, se muestra el comportamiento del cumplimiento de los criterios de las diferentes alternativas. La figura 2 muestra una gráfica con los valores resultantes.



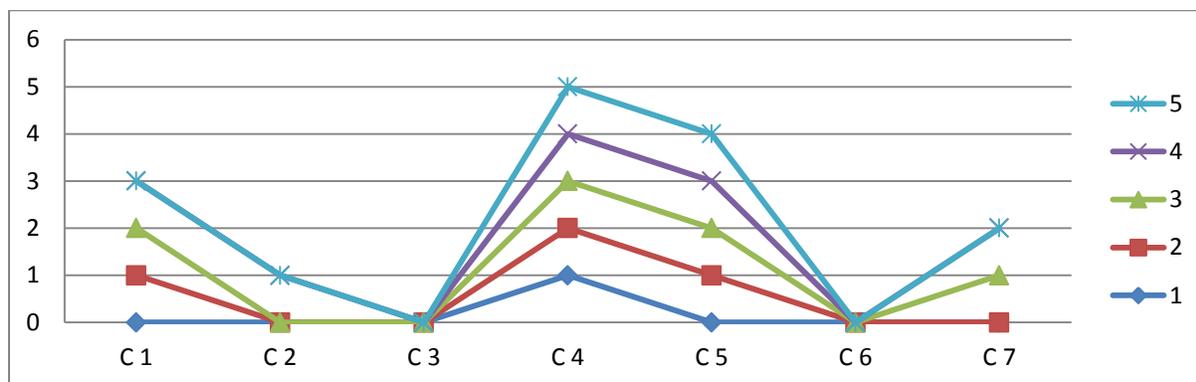


Fig.2- Gráfica con el comportamiento de las preferencias sobre los criterios de cada alternativa.

A partir del procesamiento realizado sobre las preferencias de cada alternativa, se obtiene el índice evaluativo. Una vez obtenido el comportamiento de la evaluación para las diferentes alternativas, se realiza un ordenamiento. La tabla 5 muestra el resultado del ordenamiento realizado.

Tabla 5- Resultado del ordenamiento realizado.

Ordenamiento	Alternativa	Índice	Valor lingüístico
1	A4	0,91	Superior
2	A3	0,86	Superior
3	A2	0,81	Superior
4	A5	0,76	Superior
5	A1	0,41	Adecuado

La tabla 5 muestra que la alternativa A4 representó el especialista más destacado en la actividad productiva del proyecto. La alternativa A1 representó el resultado del especialista con el desempeño más bajo.

Conclusiones

Son muchos los criterios que se pueden establecer en un proceso de evaluación del desempeño. Tras la obtención de los resultados de la evaluación, se puede mejorar el rendimiento de los proyectos, conocer los puntos débiles de los especialistas y presentar



programas de mejora. Los procesos de evaluación estimulan la productividad y mejoran la eficiencia y la eficacia de los RR.HH.

En este trabajo se implementa un método para manejar la incertidumbre existente en el proceso de evaluación del desempeño de los Recursos Humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras. La implementación del método propuesto, permitió identificar la alternativa con mejor y peor resultado en la evaluación del desempeño.

Referencias

1. Torres S, Lugo JA, Piñero-Pérez PY, Torres-Quiñones KM, Perdomo-Alonso A, Cuza-García B, et al. Técnicas formales y de inteligencia artificial para la gestión de recursos humanos en proyectos informáticos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. 2014;8:43-55.
2. M. Palmero. Procedimiento para evaluar el impacto de la capacitación en la empresa constructora integral de Mayabeque. *Ingeniería Industrial* 2012;XXXIII(3):215-25.
3. García Vacacela R, Pérez Pupo I, Villavicencio N, Piñero Pérez PY, Beovides Luis S. Experiencias usando algoritmos genéticos en la planificación de proyectos. 2016. 2016;10.
4. Bron B. La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos. *Serie Científica*. 2019;Vol. 12(No.5):63-75.
5. González AMG, López RG, Muñiz MA, Vidal Ledo MJ, Lugo NdICS, Santiesteban MV. Consideraciones económicas sobre la salud pública cubana y su relación con la salud universal. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 2018;42:e28.
6. Salas Perea RS. Propuesta de estrategia para la evaluación del desempeño laboral de los médicos en Cuba. *Educación Médica Superior*. 2010;24(3):387-417.
7. Rodríguez JFO. Evaluación del desempeño del docente de la unidad educativa Prof. Fernando Ramírez. *Revista ICONO14 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*. 2010;8(2):58-70.
8. Cornelio OM, Gulín JG, Fonseca BB, Ching IS, editors. Experiencia en la evaluación de competencias en un sistema de laboratorios a distancia. *Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online*.
9. de Andrés R, García Lapresta JL, Martínez L. Multi-granular linguistic performance appraisal model. *Soft Computing*.
10. Evangelos T. Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. In: Dordrecht, editor. Kluwer Academic Publisher 2000.
11. Peña M, Rodríguez Rodríguez CR, Piñero Pérez PY. Computación con palabras para el análisis de factibilidad de proyectos de software. *Tecnura*. 2016;20:69-84.
12. Félix Benjamín G. La computación con palabras para evaluar el impacto de la capacitación de los directivos en las empresas cubanas: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Matemática Física y Computación. Departamento Ciencias de la Computación; 2014.

<http://scielo.sld.cu>



13. Castillo RM. Resumen lingüístico de series de datos mediante técnicas de Soft Computing: una aplicación a los cubos OLAP con dimensión tiempo [TESIS DOCTORAL]. Editorial de la Universidad de Granada: Universidad de Granada; 2012.
14. Bonissone PP, Decker KS. Uncertainty in Artificial Intelligence. North-Holland 1986.
15. Zadeh LA. Nacimiento y evolución de la lógica borrosa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal. *Psicothema*. 1996;8(2):421-9.
16. Herrera F. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. 2000;8(6):746–52.
17. Herrera F. Computing with words in decision making: Foundations, trends and prospects. *Fuzzy optimization and decision making*. 2009;8(4):337-64.
18. Yager R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. 1988;18(1):183-90.
19. Mar O, Ching I, Gulín J. Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map. *Investigación Operacional*. 2018;38(2):169-77.
20. Verdecia-Cabrera A, Quintero-Domínguez LA, López-Cabrera JD, Díaz L, de la Paz RB. Toma de decisiones mediante conjuntos borrosos y computación con palabras: Un caso de estudio.
21. Herrera F, Herrera-Viedma E. Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and systems*. 2000;115(1):67–82.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Bárbara Bron Fonseca: concibió y diseñó el trabajo, participó en la recolección, análisis e interpretación de datos y en la redacción del manuscrito. Hizo la revisión crítica del manuscrito y participó en su aprobación final.

Omar Mar Cornelio: participó en la recolección, análisis e interpretación de datos y en la redacción del manuscrito. Hizo la revisión crítica del manuscrito y participó en su aprobación final.

