

Cómo citar el artículo

Mendoza Mendoza, A.A.; Ospino Castro, W.A. & Romero Martínez, D.S. (2016). Aplicación de los métodos de toma de decisiones LP-GW-AHP y lógica difusa para la selección de una electiva académica en la Universidad del Atlántico, Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 48, 351-364.

Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/777/1303>

Aplicación de los métodos de toma de decisiones LP-GW-AHP y lógica difusa para la selección de una electiva académica en la Universidad del Atlántico, Colombia*

Applying LP-GW-AHP Decision-Making Methods and Fuzzy Logic to Select an Elective Course in the University of the Atlántico, Colombia

Application des méthodes de prise de décisions LP-GW-AFP et logique floue pour sélectionner une cours électif dans l'Université de l'Atlántico, Colombie

* Este artículo es un resultado del proyecto de investigación titulado "Aplicación de los métodos de toma de decisiones LP-GW-AHP y lógica difusa para la selección de una electiva académica en la Universidad del Atlántico". Fecha de inicio: agosto de 2014. Fecha de terminación: febrero de 2015.

Adel Alfonso Mendoza Mendoza

Ingeniero Químico

Especialista en Gerencia de producción y operaciones

Magíster en Ingeniería Industrial

Docente de Tiempo Completo de la Universidad del Atlántico adscrito a la Facultad de Ingeniería.

adelmendoza@uniatlantico.edu.co

Wilfrido Alberto Ospino Castro

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico

walbertoospino@mail.uniatlantico.edu.co

Daniela Stephanie Romero Martínez

Estudiante de X semestre de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico

dstephanieromero@mail.uniatlantico.edu.co

Recibido: 25 de abril de 2015

Evaluado: 18 de abril de 2016

Aprobado: 2 de mayo de 2016

Tipo de artículo: Investigación científica y tecnológica

Resumen

En este artículo de investigación se describen y se aplican los métodos de toma de decisión multicriterio LP-GW-AHP y lógica difusa para la selección de una electiva académica en la Universidad del Atlántico. En el proceso de toma de decisión participaron varios grupos de personas con un alto conocimiento relativo a cada una de las alternativas de decisión, a los cuales se les denominó expertos.

Inicialmente, se recolectó la información necesaria para la toma de decisión de acuerdo con los puntos de vista de los expertos en el tema. Seguidamente, se establecieron las ponderaciones cuantitativas y cualitativas de cada uno de los criterios a evaluar para obtener las preferencias individuales de los expertos. Finalmente, se aplicó la técnica de toma de decisiones grupal con lógica difusa para saber la preferencia grupal de los expertos.

Palabras clave

Lógica difusa, Método AHP, Método LP-GW-AHP, Toma de decisiones multicriterio.

Abstract

This article describes and presents the application of multiple-criteria LP-GW-AHP decision making methods for selecting an elective course in the University of the Atlántico. During the decision making process participated several groups of people having high knowledge, called experts, regarding each of the decision alternatives.

First was collected the information necessary for decision making based on the points of view of the

experts on the subject. After this were established the quantitative and qualitative weights of each of the evaluated criteria in order to obtain particular preferences of the experts. Finally was applied the group decision making technique using fuzzy logic in order to know the group preferences of the experts.

Keywords

Fuzzy logic, AHP Method, LP-GW-AHP Method, Multiple-criteria Decision-making.

Résumé

Dans cet article on décrit et applique les méthodes de prise de décisions de multiples critères LP-GW-AHP et logique floue pour sélectionner une cours électif dans l'Université de l'Atlántico. Dans ce processus de prise de décisions ont participé plusieurs groupes de personnes avec une haute connaissance relatif à chaque des alternatifs de décision, ceux qu'on a appelé les expertes.

Au début on a réuni l'information nécessaire pour la prise de décisions d'après les points de vue des experts dans les sujets. Après on a établi les pondérations quantitatif et qualitatives de chaque un des critères à évaluer pour obtenir les préférences individuels des expertes. Finalement on a appliqué la technique de prise de décisions de groupe avec la logique floue pour savoir la préférence de groupe des experts.

Mots-clés

Logique floue, Méthode AHP, Méthode LP-GW-AHP, Prise de décisions de multiples critères.

Introducción

La toma de decisiones es una actividad inherente a la cotidianidad del ser humano, la cual abarca un sinnúmero de ámbitos y características dependiendo de la importancia y relatividad de ella. Desde decidir adquirir un bien, qué carrera estudiar, hasta seleccionar qué proveedor brinda mejor calidad de materia prima a un menor costo, cualquiera de estas decisiones, si no se cuenta con la herramienta adecuada, pueden convertirse en un problema más a solucionar. La toma de decisiones a nivel académico, como la elección de cursos, talleres, electivas académicas, es una decisión muy importante porque acarrea a los estudiantes una inversión de dinero y tiempo en el aprendizaje que, de ser equivocada, no puede ser recuperada.

Sin embargo, la toma de decisión no solo se realiza de manera individual, sino también que muchos problemas de decisión tienen que ser resueltos por un grupo de personas, denominados expertos, que tienen que decidir de forma conjunta qué alternativa de entre todas es la mejor (Cabrerizo, 2008).

Por eso es importante priorizar ciertos criterios de aceptación y evaluación, para considerar las alternativas existentes y así determinar la mejor decisión posible. La toma de decisiones multicriterio o MCDM ha sido una de las áreas de la investigación de operaciones que se ha incrementado más rápidamente durante los últimos años. Esto ha impulsado el desarrollo de una gran variedad de enfoques y métodos, lo cual dificulta escoger cuál es el más adecuado para un problema del mundo real (Oliveira, Fontes, & Pereira, 2014). Como existen múltiples métodos, tanto cualitativos como cuantitativos, se muestran dos herramientas para la toma de decisiones multicriterio: el método LP-GW-AHP y la lógica difusa, las cuales se llevan a cabo mediante la organización de matrices, según las opiniones de conocedores relacionados con el tema. Mediante la implementación de estas metodologías, se pretende brindar a la sociedad una alternativa eficiente y eficaz al momento de tomar decisiones.

354

Marco teórico

Toma de decisiones multicriterio

La toma de decisiones es el proceso de elección de la mejor alternativa o alternativas entre un conjunto de ellas y es una actividad muy común en el ser humano. Por lo general, una situación que implique la toma de una decisión está compuesta por varios factores como:

Uno o varios objetivos por resolver, un conjunto de alternativas o decisiones posibles para alcanzar dichos objetivos, un conjunto de factores o estados de la naturaleza y

un conjunto de valores de utilidad o consecuencias asociados a los pares formados por cada alternativa y estados de la naturaleza. (Lorite, 2008).

La toma de decisiones basada en diferentes criterios o toma de decisiones multicriterio (*multiple criteria decision making, MCDM*) no es más que el estudio de distintas alternativas en términos de diferentes criterios de decisión los cuales, por lo general, están en conflicto entre sí. Es una técnica que permite tener una estrategia para tomar decisiones a partir de una gran variedad de fuentes, ya que no requiere ninguna restricción fuerte en las estructuras de preferencia (Rojas *et al.*, 2012).

El principal objetivo de la toma de decisiones multicriterio es facilitar la toma de decisiones en las empresas (Bellever & Martínez, 2012). Siguiendo un orden de ideas, contar con información confiable y adecuada acerca del tópico de estudio es vital para el proceso de toma de decisiones, la cual se determina teniendo en cuenta las diferentes alternativas con que el caso a estudiar dispone, las cuales deben ser contrastadas con los diferentes criterios que hayan sido definidos para este propósito (Gómez & Cabrera, 2008).

Método AHP

El método AHP o Proceso de Análisis Jerárquico fue desarrollado por Thomas L. Saaty en 1977, cuyo propósito principal es permitir al decisor, estructurar un problema multicriterio en forma visual mediante la construcción de un esquema jerárquico dividido en tres niveles de jerarquía: propósito u objetivo del problema, los criterios de selección, y por último, las alternativas de decisión (Berumen & Redondo, 2007). Un esquema del árbol de decisión se observa en la figura 1:

355

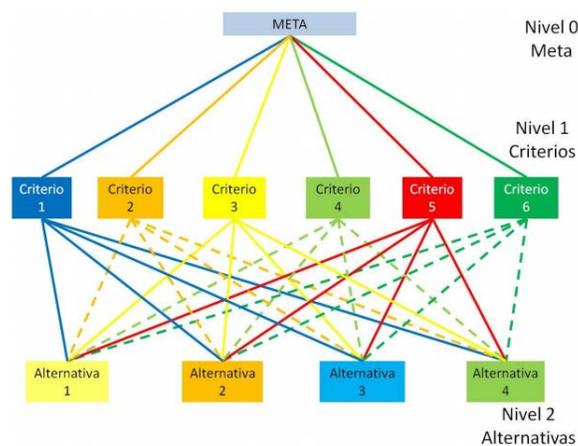


Figura 1. Árbol de decisión.

Fuente: Flores, 2011

Sus principales ventajas frente a otros métodos de decisión multicriterio son:

- Presentar un sustento matemático.
- Permitir desglosar y analizar un problema por partes.
- Permitir medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
- Incluir la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso.
- Permitir verificar el índice de consistencia y hacer correcciones, si es el caso.
- Generar síntesis y análisis de sensibilidad.
- Servir como complemento o insumo para otras técnicas de optimización o de análisis multivariado. (Henao, 2011)

Esto permite determinar con mayor facilidad la influencia en la decisión final de cada criterio (peso compuesto o factor de ponderación) asignándole valores a cada uno a través de comparaciones pareadas.

Crterios	C1	C2	C3
C1	C1/ C1	C1/ C2	C1/ C3
C2	C2/ C1	C2/ C2	C2/ C3
C3	C3/ C1	C3/ C2	C3/ C3

Figura 2. Matriz de Comparaciones Pareadas
Fuente: Arquero, Alvarez, & Martínez, 2009

En este método se le asignan valores numéricos a las preferencias de la persona que toman la decisión (Delgado Galván, 2011). Estos valores se asignan de acuerdo con una escala desarrollada por el autor del método, que permite cuantificar el juicio de valor de la persona:

Tabla 1. Escala Saaty

a_{ij} vale	cuando el criterio i , es comparado con j
1	igualmente importante
3	ligeramente más importante
5	notablemente más importante
7	demostrablemente más importante
9	absolutamente más importante

Fuente: Ramirez, 2004

El método AHP está diseñado con el propósito de apoyar la toma de decisiones y brindar un marco de trabajo comprensible y racional para la estructuración de un problema; así como para la representación y cuantificación de sus elementos, con la intención de relacionarlos con los objetivos y evaluar las alternativas de solución (Pérez *et al.*, 2013).

Método LP-GW-AHP

En los últimos años un gran número de investigadores se ha dedicado a desarrollar posibles mejoras sobre el método AHP, ya que la gran mayoría de autores discrepan en lo referente al cálculo de las ponderaciones y su correcta normalización. Esto se da a causa de las inconsistencias presentadas en el proceso de estandarización que deforma el juicio obtenido con el método (Zanazzi, 2003). Este proceso se intensifica a medida que aumentan los niveles de jerarquía, los criterios y las alternativas de decisión, por lo que se han desarrollado múltiples métodos a partir del AHP, entre los cuales se encuentra el LP- GW- AHP. Este método se basa en programación lineal para la generación de pesos en el AHP, empleando el análisis envolvente de datos DEA (Hosseinian, Navidi, & Hajfathaliha, 2012).

El método LP-GW-AHP propone la generación de ponderaciones a través de la matriz cuadrada de comparación $A = (a_{ij})_{n \times n}$, en la cual el experto digita los datos según la escala de Saaty (Tabla 1).

La matriz cuadrada de comparación $A = (a_{ij})_{n \times n}$ está planteada con los siguientes parámetros:

- $a_{ii} = 1$
- $a_{ij} = 1/a_{ji}$ para todo $i \neq j$

Además de poseer $W = (w_1, \dots, w_n)^T$ el cual es su vector ponderación. Esta matriz generará tantas ponderaciones como el tamaño de la matriz sea (n)

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

El modelo de Programación Lineal (LP) mediante el cual se desarrolla el método LP-GW-AHP es el siguiente:

$$\text{Max } Z, \text{ Subject to } \begin{cases} w_i \geq Z, & i = 1, \dots, n, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} v_j - w_i = 0, & i = 1, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1, \\ v_i - \frac{1}{\beta} w_i \geq 0, & i = 1, \dots, n, \\ v_i - \frac{1}{n} w_i \leq 0, & i = 1, \dots, n, \\ w_i \geq 0; v_i \geq 0, & i = 1, \dots, n. \end{cases} \quad (2)$$

En este modelo de Programación Lineal (LP):

- w_i ($i = 1, \dots, n$) son las ponderaciones de cada criterio
- v_j ($j = 1, \dots, n$) son los outputsweights (variables) los cuales son determinados por el modelo de programación Lineal (LP).

- a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$) son los elementos de la matriz cuadrada de comparación A .
- Las restricciones $v_i - \frac{1}{\beta} w_i \geq 0$ y $v_i - \frac{1}{n} w_i \leq 0$ son assurance regions (AR).
- La variable β es un parámetro instaurado para limitar las regiones de la matriz. Este se define mediante la fórmula:

$$\beta = \min \left\{ \max_i \left(\frac{1}{r_i} \sum_{j=1}^n a_{ij} r_j \right), \max_i \left(\frac{1}{c_i} \sum_{j=1}^n a_{ij} c_j \right) \right\} \quad (3)$$

Donde r_j y c_j son, respectivamente, la sumatoria de las filas y las sumatorias de las columnas de la matriz cuadrada de comparación $A = (a_{ij})_{n \times n}$.

Aplicando este modelo, se obtendrán los valores de las ponderaciones ($W = (w_1, \dots, w_n)^T$) de la matriz cuadrada de comparación $A = (a_{ij})_{n \times n}$.

Lógica difusa

La lógica difusa, desarrollada inicialmente en 1965 por Lotfi Zadehen, es una lógica alternativa a la lógica clásica en la cual la vaguedad e imprecisión propias del pensamiento humano cumplen un papel muy importante a la hora de calificar las cosas a nuestro alrededor (Rodríguez & Montoya, 2009).

Las decisiones tomadas en ambientes difusos, es decir, aquellos en los que los objetivos, las restricciones y las consecuencias de las posibles acciones no se pueden conocer de manera concreta, están normalmente afectadas por la incertidumbre derivada de insuficiencia de los datos que se necesita para ello, así como de la subjetividad de las preferencias de los tomadores de decisiones (Rincón, 2011).

La lógica difusa es una herramienta que sirve para la toma de decisiones individuales y grupales. Para la toma de decisiones grupales, en las que la decisión se debe tomar entre varias individuos, los valores que cada uno asigna a los diferentes criterios de decisión pueden diferir significativamente, por lo que cada decisor obtendrá un orden distinto en el conjunto de alternativas de decisión, dificultando aún más obtener una decisión final para todos los involucrados (Rosales, 2000). De acuerdo con la metodología propuesta por Peñalva (2000), para obtener la preferencia grupal que una alternativa a_i sobre otra a_j se debe dividir el número de decisores que prefieren a_i sobre a_j entre el número de total de emisores que participan en la decisión.

Esto es: $R(a_i, a_j) = N(a_i, a_j)/n \quad (4)$

por lo que tenemos a R como una función $R = A \times A' \quad [0,1]$ y por tanto se define el conjunto Fuzzy S en la forma:

$$S = \sum \frac{R(ai,aj)}{(ai,aj)} \quad (5)$$

el cual conjunta a todas las alternativas que cumplen con algún grado de preferencia grupal.

Para cualquier valor $\alpha \in [0,1]$ con un nivel de acuerdo entre los individuos del grupo denominado alfa-corte de S, representado por S^α , agrupa al ordenamiento de pares que obtuvieron un acuerdo igual o superior al valor α . En general, todo conjunto fuzzy es la unión de sus alfa-cortes como se expresa en la siguiente ecuación:

$$S = \cup_{\alpha \in [0,1]} \alpha, S^\alpha \quad (6)$$

Para hallar el ordenamiento que represente la opinión grupal, se deben comparar los pares obtenidos en cada alfa-corte con el conjunto de los ordenamientos individuales de cada decisor (Conjunto O), y seleccionar los que sean compatibles; realizando un proceso de iteración de intersección de alfa-cortes, se obtendrá un valor α para el cual exista un único ordenamiento compatible con la relación R.

Metodología

Es una investigación centrada en la aplicación de dos distintas metodologías de decisión de origen cuantitativo y cualitativo respectivamente, con el fin de seleccionar cuál electiva académica ofrecida por el centro educativo es la mejor, de acuerdo con los expertos que tienen un conocimiento amplio de ellas. Inicialmente, se recolectó información referente a la opinión de los expertos de acuerdo con unos criterios de decisión previamente establecidos a través de la aplicación de encuestas a los mismos. Según lo anterior, se establecieron las ponderaciones cuantitativas y cualitativas de cada uno de los criterios a evaluar, implementando la metodología LP-GW-AHP para obtener las preferencias individuales de cada experto de las electivas académicas a seleccionar representadas en un ordenamiento descendente de mayor a menor grado de preferencia. Posteriormente, se aplicó la técnica de toma de decisiones grupal de lógica difusa para hallar el orden que represente la opinión común de todos los expertos y que, por tanto, corresponde a la decisión a tomar.

El conjunto de electivas evaluadas son las ofrecidas por el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico. Estas electivas son: Aseguramiento de la Calidad, Comercio Internacional, Diseño de Experimentos, Gestión de Almacenamiento, Planeación Estratégica, Uso Eficiente de la Energía,

Análisis y discusión

Para la realización del presente estudio se realizó una selección de un grupo de expertos capaces de brindar valoraciones confiables respecto al problema de decisión y fueron seleccionados de los diferentes estamentos relacionados con el ámbito académico: estudiantes de último semestre, profesores y egresados del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico. Esto teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra de expertos fuera representativo de la población.

Para seleccionar la electiva de profundización más apropiada en este programa, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: aplicación a la ingeniería, conocimientos previos, necesidad en el mercado, influencia en la investigación y exigencia académica.

Se realizaron unas encuestas de tipo numérico, según la escala Saaty (Tabla 1), a cada uno de los individuos aleatoriamente seleccionados que denominamos "expertos", para conocer sus puntos de vista referentes a cada una de las electivas de profundización (alternativas), según los criterios valorados. Estos datos fueron tabulados en la matriz cuadrada de comparación $A = (a_{ij})_{n \times n}$ (Ecuación 1) y evaluados bajo el modelo de programación lineal (LP) establecido en la Ecuación 2, utilizando el parámetro β (Ecuación 3).

De esta manera, se obtienen las ponderaciones de cada una de las alternativas en cada criterio de decisión, y los pesos de estos. Luego se procedió a tabular estos datos numéricos obtenidos en el árbol de decisión AHP (Figura 3).

Seguidamente, se realiza el producto y suma de los pesos de cada alternativa de decisión en cada criterio por su respectivo criterio, y se obtiene el peso ponderado final de cada electiva de profundización.

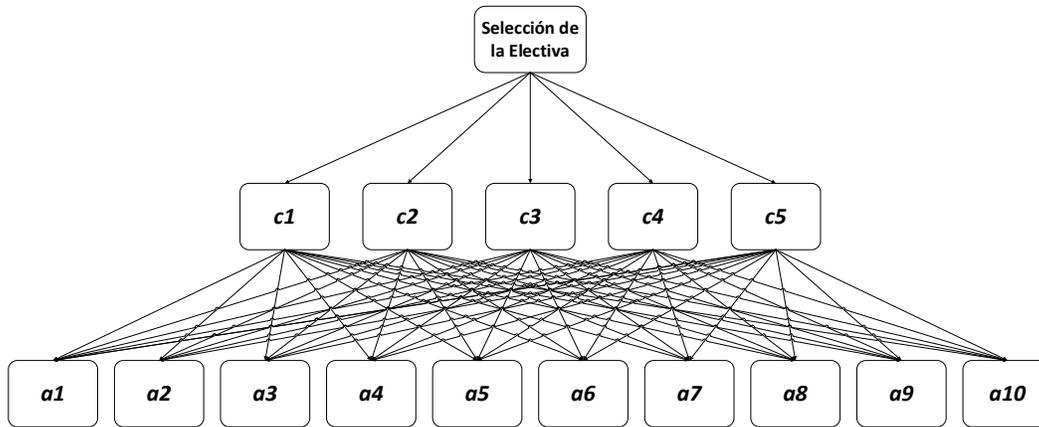


Figura 3. Árbol AHP electivas de profundización

Fuente: elaboración propia

Posteriormente, estas alternativas son organizadas de mayor a menor y este ordenamiento es establecido como el orden de prioridad, el cual ha sido otorgado por el experto.

Estos órdenes de prioridad fueron tomados como los puntos de vista de cada uno de los expertos, y se evaluaron uno con respecto al otro aplicando la Ecuación 4. Una representación del conjunto de pares se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Matriz de preferencia grupal

	<i>a1</i>	<i>a2</i>	<i>a3</i>	<i>a4</i>	<i>a5</i>	<i>a6</i>	<i>a7</i>	<i>a8</i>	<i>a9</i>	<i>a10</i>
<i>a1</i>	-	0,54	0,62	0,46	0,62	0,46	0,77	0,62	0,54	0,69
<i>a2</i>	0,46	-	0,54	0,54	0,54	0,31	0,54	0,46	0,38	0,46
<i>a3</i>	0,38	0,46	-	0,38	0,38	0,46	0,54	0,54	0,38	0,54
<i>a4</i>	0,54	0,46	0,62	-	0,62	0,62	0,69	0,38	0,46	0,62
<i>a5</i>	0,38	0,46	0,62	0,38	-	0,54	0,54	0,54	0,38	0,31
<i>a6</i>	0,54	0,69	0,54	0,38	0,46	-	0,69	0,54	0,54	0,62
<i>a7</i>	0,23	0,46	0,46	0,31	0,46	0,31	-	0,38	0,46	0,38
<i>a8</i>	0,38	0,54	0,46	0,62	0,46	0,46	0,62	-	0,54	0,77
<i>a9</i>	0,46	0,62	0,62	0,54	0,62	0,46	0,54	0,46	-	0,46
<i>a10</i>	0,31	0,54	0,46	0,38	0,69	0,38	0,62	0,23	0,54	-

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta tabla, se observa que no hay un acuerdo del 100% (1,00) entre los individuos, obteniendo alfa-cortes desde 77% (0,77) hasta un 23% (0,23) de acuerdo. De esta forma, el conjunto difuso S se conforma por subconjuntos de acuerdo con cada alfa-corte. Ahora, al interceptar los alfa-cortes, en orden descendiente, a todos los expertos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Para el alfa-corte de 0,77,

$$S^{0,77} = \{(a1, a7), (a8, a10)\}$$

$$O^{0,77} = \{(a4, a9, a5, a6, a3, a1, a2, a8, a10, a7), (a2, a4, a3, a6, a1, a8, a7, a10, a9, a5), \\ (a2, a9, a3, a1, a6, a8, a10, a7, a5, a4), (a1, a9, a3, a8, a4, a6, a7, a10, a2, a5), \\ (a8, a6, a9, a10, a4, a1, a5, a7, a3, a2), (a3, a5, a9, a6, a1, a2, a8, a4, a7, a10), \\ (a8, a4, a1, a10, a5, a3, a9, a6, a7, a2)\}$$

Lo cual corresponde a los ordenamientos realizados por los expertos 4, 5, 6, 7, 8, 10 Y 12, respectivamente. A continuación, se evalúa el siguiente alfa-corte, este es del 0,69, obteniendo estos resultados:

$$S^{0,69} = \{(a1, a7), (a8,10), (a6, a2), (a1, a10), (a4, a7), (a6, a7), (a10, a5)\}$$

$$O^{0,69} = \{(a1, a9, a3, a8, a4, a6, a7, a10, a2, a5), (a8, a4, a1, a10, a5, a3, a9, a6, a7, a2)\}$$

Que corresponde a los ordenamientos establecidos por los expertos 7 y 12, los cuales son la selección grupal óptima.

En otras palabras, aplicando la lógica difusa a los órdenes obtenidos por el método LP-GW-AHP, se obtuvo como resultado que con un "Alfa-Corte" final de 0,69 (nivel de consenso del 69%) los ordenamientos E7 y E12 son las opciones óptimas posibles según los expertos, bajo los criterios ya expuestos.

Obteniendo, así, las electivas de profundización a7 (aseguramiento de la calidad) a8 (Sistemas integrados de gestión) como las opciones optimas a seleccionar.

Conclusiones

La aplicación de los métodos LP-GW-AHP y lógica difusa para seleccionar electivas académicas nos permitió facilitar el proceso de toma de decisiones cuando en el ámbito académico nos enfrentamos a múltiples alternativas para las cuales hay múltiples criterios de decisión. Las opiniones particulares de cada decisor con un profundo conocimiento de las electivas aseguran la confiabilidad de los resultados obtenidos, ya que estos estaban en la capacidad de brindar una opinión realista y objetiva de cada criterio de decisión. Es importante resaltar que como se basan fundamentalmente en el criterio de los expertos, los resultados obtenidos reflejan

sus puntos de vista sobre cuáles son las mejores electivas académicas para cursar en el centro educativo.

De los métodos utilizados destacamos que el método LP-GW-AHP proporciona ponderaciones mucho más exactas para un número mediano de alternativas de decisión y de expertos, garantizando resultados confiables. Por otra parte, la metodología desarrollada por Peñalva sobre la lógica difusa en consensos grupales, aunque permite trabajar tanto con información cuantitativa como con las opiniones subjetivas de los expertos, tiene limitaciones referentes al número de alternativas de decisión y de expertos a evaluar, por lo que en lugar de obtener un único ordenamiento se llegó a dos ordenamientos finales, lo cual equivale a dos electivas de profundización a elegir.

Referencias

- Arquero, A., Alvarez, M. & Martínez, E. (2009). Decision Management Making by AHP (Analytical Hierarchy Process) through GIS data. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE América Latina)*, 7(1), 101-106.
- Bellever, J. A. & Martínez, F. G. (2012). *Nuevos métodos de valoración- Modelos multicriterio*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Berumen, S. A. & Redondo, F. L. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el ahp) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de administración*, 20(34), 65-87.
- Cabrerizo, F. J. (2008). *Nuevos modelos de toma de decisión en grupo con información lingüística difusa*. Tesis de Maestría. Universidad de Granada, España.
- Delgado Galván, X. V. (2011). *Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Flores, F. J. (2011). *Aplicación de métodos de toma de decisiones multi-atributo en la definición de prioridades en la gestión de infraestructuras en San Luis Potosí, México*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Gomez, J. C. & Cabrera, J. P. (2008). El proceso de análisis jerárquico AHP y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et Technica*, 2(39), 247-252.
- Henoa, S. A. (2011). Implementación del análisis jerárquico analítico. *Scientia et Technica*, 3(49), 45-49.
- Hosseinián, S. S., Navidi, H. & Hajfathaliha, A. (2012). A new linear programming method for weights generation and group decision making in the analytic hierarchy process. *Group Decision and Negotiation*, 21(3), 233-254.
- Lorite, F. J. (2008). *Nuevos modelos de toma de decisión en grupo con información logística difusa*. Editorial de la Universidad de la Granada.
- Peñalva Laura. (2000). Propuestas de lógica difusa para la toma de decisiones. *Política y Cultura*, 13, 97-112.
- Oliveira, M., Fontes, D. B. & Pereira, T. (2014). Multicriteria Decision Making: A Case Study in the Automobile Industry. *Annals of Management Science*, 3(1), 109-128. .

- Pérez-Rodríguez, F., Vargas-Larreta, B., Aguirre-Calderón, O. A., Corral-Rivas, J. J. & Rojo-Alboreca, A. (2013). Proceso analítico jerárquico para seleccionar métodos de manejo forestal en Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(15), 55-72.
- Ramírez, M. L. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del chaco. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia*, 1-4.
- Rincón, H. R. (2011). *Indicador para elegir bajo ambiente difuso la localización de un establecimiento industrial: el caso del sector automotor*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional, Colombia.
- Rodríguez, C. J. & Montoya, H. A. (2009). *Aplicaciones de la lógica difusa en la planificación de la producción*. Tesis. Universidad Nacional sede Medellín. Colombia
- Rojas, C., Tripaldi, P., Pérez, A. & Quinteros, P. (2012). Diseño experimental y métodos de decisión multicriterio para optimizar la composición del helado mantecado. *Scientia Agropecuaria*, 3(1), 51-60.
- Rosales, L. P. (2000). Propuestas de lógica difusa para la toma de decisiones. *Política y Cultura*, (13), 97-112.
- Zanazzi, J. L. (2003). Anomalías y supervivencia en el método de toma de decisiones de Saaty. *Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología*, 1, 148-170.