Neutrosophic Computing and Machine Learning {Número especial: Aplicación del método de investigación neutrosófico en el entorno postpandemia}, Vol. 22, 2022

University of New Mexico

# Efectividad de las medidas socioeducativas del menor infractor mediante SVNS

# Effectiveness of socioeducational measures for juvenile offenders through SVNS

**Janneth Ximena Iglesias Quintana[1], Lola Ximena Cangas Oña[2], and José Milton Jiménez Montenegro[3]**

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador. Orcid: https://orcid.org/0000-0001 -7861 -4676.
E-mail: ur.jannetiglesias@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador. Orcid: https://orcid.org/0000-0001 -5599-8689.
E-mail: ur.lolacangas@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador. Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2395-9663.
E-mail: ur.josejimenez@uniandes.edu.ec

**Resumen.**. El presente trabajo tiene como objetivo la utilización de la lógica neutrosófica para determinar la efectividad de un conjunto de medidas socioeducativas de jóvenes infractores en la reintegración social. Para llevar a cabo el objetivo propuesto, se realizó el uso del método COPRAS, modificado en una variante neutrosófica para el análisis de los datos y la selección de las alternativas. Mediante la aplicación del método empleado, se determinó la existencia de cuatro medidas de mayor efectividad ante los criterios seleccionados. La realización del presente estudio permitió confirmar la versatilidad de los métodos de decisión multicriterios para la resolución de problemas complejos de diversa índole. Asimismo, permitió verificar la utilidad del uso de los conjuntos neutrosóficos de valor único como herramienta para solventar problemas en los que se incluyen datos imprecisos o indeterminados. La conjunción de métodos de resolución de problemas multicriterios con los aportes realizados por la neutrosofía, constituyen fuertes pilares sobre los que se pueden fundamentar todas las formas de ciencia en aras de resolver, efectivamente, los diversos problemas de la vida real.

**Plabras Claves:** método de decisión multicriterios, COPRAS, medidas socieducativas, menor infractor, SVNS.

**Abstract.** The objective of this paper is to use neutrosophic logic to determine the effectiveness of a set of socio-educational measures for the social reintegration of young offenders. In order to achieve the proposed objective, the COPRAS method was used, modified in a neutrosophical variant for the analysis of damages and the selection of alternatives. Through the application of the method used, the existence of four measures of greater effectiveness in the face of the selected criteria was determined. This study confirmed the versatility of multi-criteria decision methods for the resolution of complex problems of various types. It also made it possible to verify the usefulness of the use of single-valued neutrosophic sets as a tool for solving problems involving imprecise or indeterminate data. The conjunction of multi-criteria problem solving methods with the contributions made by neutrosophy, constitute strong pillars on which all forms of science can be based in order to solve, effectively, the diverse problems of real life.

**Keywords:** multi-criteria decision method, COPRAS, socio-educational measures, juvenile offender, SVNS.

## 1 Introducción

La toma de decisiones forma parte indefectible del todos los aspectos de la vida humana. En los últimos años, la necesidad de suponer criterios y alternativas más variadas en los problemas de decisión se ha hecho más complejo. En tal escenario, personas encargadas de la toma de decisiones ha empleado métodos para la evaluación subjetiva en áreas de superar tales dificultades [1]. Por su parte, la presencia de datos o mediciones inciertas han generado una gran necesidad de establecer mecanismos efectivos para su medición. [2]

Para superar tales obstáculos, en los últimos años, muchos esfuerzos de investigación se han centrado en incorporar la vaguedad de la información inicial, para dar solución a problemas complejos prácticos de la naturaleza. Para ello se ha empleado con éxito el uso de métodos de toma de decisiones multicriterios (MCDM). Unido a ello, [3] introdujo la teoría de conjuntos difusos (FS) con el fin de superar la dificultad que supone la generación de datos inciertos e imprecisos durante la toma de decisiones. Con el tiempo, otros tipos de conjuntos fueron introducidos para extender la aplicación de esta teoría [4], [5]. Sin embargo, se ha determinado que estos no pueden tener en cuenta todo tipo de incertidumbres que surgen en los diferentes campos de la vida real [6]–[8].

Para dar solución a ello, [9] propuso la teoría de conjuntos neutrosóficos como una generalización de los conjuntos "difusos". La teoría de conjuntos neutrosóficos constituye un poderoso marco formal que generaliza el concepto de conjunto clásico, conjunto borroso, conjunto borroso con valores de intervalo, conjunto borroso intuicionista, conjunto borroso intuicionista con valores de intervalo y otros [3], [10].

Tras los aportes realizados por Smarandache, se han introducido varias nociones para conjuntos neutrosóficos que proporcionan un marco matemático más razonable para tratar con información indeterminada e inconsistente. Para facilitar el lado práctico de los conjuntos neutrosóficos, Wang et al [11] definieron el conjunto neutrosófico de un solo valor (SVNS) y propusieron las operaciones teóricas de conjuntos y algunas propiedades de los SVNS [11]. Por lo tanto, los SVNS se pueden aplicar en campos científicos y de ingeniería reales. [11]

Dada su importancia y aplicabilidad en múltiples formas de la ciencia, la ingeniería y la sociedad, diversos especialistas han ampliado el modelo neutrosófico para extender su aplicación práctica. Ejemplo de ello constituye [12], que presentaron un nuevo enfoque para problemas de toma de decisiones grupales de atributos múltiples al extender la Técnica de Preferencia de Orden por Similitud a Método de Solución Ideal (TOPSIS) al entorno neutrosófico de un solo valor. De esta manera, utilizaron SVNS para clasificar las alternativas en función de la característica, que expresa la opinión de los responsables de la toma de decisiones en función de la información proporcionada.

Por otro lado, [13] aplicó SVN con optimización multiobjetivo mediante un método de análisis de relación (MULTIMOORA) para la selección del estudio de caso de diseños de circuitos de comunicación. Este método tuvo el potencial de ser más eficiente en el manejo de una gran cantidad de problemas de decisión complicados que involucran conjuntos de datos imprecisos e insuficientes.

La responsabilidad de los adolescentes cuando cometen infracciones, en contra de la vida y los bienes es un aspecto de suma seriedad en el contexto actual de nuestro tiempo. Es de fundamental importancia garantizar que los grupos de adolescentes infractores tengan una verdadera rehabilitación. En tal sentido, las medidas que se dictan como pena o consecuencia de los actos delictivos en jóvenes menores de edad constituyen unas de las formas para garantizar su reinserción a la sociedad. Sin embargo, se hace necesario establecer una verdadera medida de la efectividad de tales medidas, pues se ha tenido evidencia de acciones contrarias a las que se desea.

El presente trabajo tiene como objetivo la utilización de la lógica neutrosófica para la determinación de la efectividad de un conjunto de medidas socioeducativas de jóvenes infractores en la reintegración social. Para llevar a cabo el objetivo propuesto, propone la utilización del método COPRAS, extendido hacia un formato neutrosófico y apoyados en el uso de conjuntos neutrosóficos de valor único. De esta manera, se emplea el método propuesto por [14] para el desarrollo del estudio.

## 2 The COPRAS method

This multicriteria decision making technique was proposed by [15] can be generally expressed as follows. We consider decision-making problem, which consists of *m* alternatives that must be assessed considering *n* criteria, and $x_{ij}$ can be expressed as the value of the $i^{th}$ alternative by the criterion. The main idea of the COPRAS technique consists of the steps described below:

Step1. Select the appropriate set of criteria that describes the chosen alternatives.

Step2. Prepare decision-making matrix *X*:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{22} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

Step 3. Determine the weights of the criteria $w_j$.

Step 4. Normalize decision-making matrix $\bar{X}$ . The values of the normalized matrix are determined as

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}; i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \tag{2}$$

Step 5. Compute weighted normalized decision-making matrix *D,* which components are calculated as

$$d_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j; i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \tag{3}$$

Step 6. Compute summation of the criterion values with respect to optimization direction for each alternative

$$P_{+i} = \sum_{j=1}^{L_{max}} d_{+ij};\ P_{-i} = \sum_{j=1}^{L_{min}} d_{-ij} \tag{4}$$

where $d_{+ij}$ values correspond to the criteria to be maximized and values $d_{-ij}$ correspond to the criteria to be minimized.

Step 7. Determine the minimal component of the $P_{-i}$:

$$P_{-min} = min_i P_{-i}; i = 1,2, \dots, L_{min} \tag{5}$$

Step 8. Determine the score value of each alternative $Q_i$:

$$Q_i = P_{+i} + \frac{P_{-min} \sum_{j=1}^{L_{min}} P_{-j}}{P_{-i} \sum_{j=1}^{L_{min}} \frac{P_{-min}}{P_{-j}}}; j = 1, \dots, L_{min} \tag{6}$$

Step 9. Determine optimality criterion $K$ for the alternatives:

$$K = max_i Q_i \; ; i = 1,2, \dots, m \tag{7}$$

Step 10. Determine the priority of the alternatives. The greater score value $Q_i$ for the alternative corresponds to the higher priority (rank) of the alternative.

### 3 Neutrosophics Sets

**Definition 1** Let X be a space of the objects and $x \in X$. A neutrosophic set A in X is defined by three functions: truth-membership function $T_A\ (x)$, an indeterminacy- membership function $I_A\ (x)$ and falsity-membership function $F_A\ (x)$. These functions , and are defined on real standard or real non-standard subsets of $]0^-, 1^+[$ . That is $T_A\ (x): X \to ]0^-, 1^+[\ , I_A\ (x): X \to ]0^-, 1^+[\ and\ F_A\ (x): X \to ]0^-, 1^+[$ . We have no any restriction on the sum of $T_A\ (x)$, $I_A\ (x)$ and $F_A\ (x)$, so $0^- \leq supT_A(x) + \ supI_A(x) + supF_A(x) \leq 3^+$.

### 3.1 Single valued neutrosophic set

A single valued neutrosophic set (SVNS) has been defined as described in [11].

**Definition 2.** Let X be a universal space of the objects and $x \in X$. A single valued neutrosophic set (SVNS) $Ñ \subset X$ can be expressed as

$$Ñ = \{\langle x, T_{Ñ}(x), I_{Ñ}(x), F_{Ñ}(x) \rangle : x \in X\} \tag{8}$$

where $T_{Ñ}(x): X \to ][0,1], I_{Ñ}(x): X \to ][0,1]\ and\ F_{Ñ}(x): X \to ][0,1]$

with $0 \leq T_{Ñ}(x) + \ I_{Ñ}(x) + F_{Ñ}(x) \leq 3$ or all $x \in X$. The values $T_{Ñ}(x)$, $I_{Ñ}(x)$ and $F_{Ñ}(x)$ correspond to truth-membership degree, the indeterminacy-membership degree and the falsity-membership degree of x to Ñ, respectively. For the case when X consists of the single element, Ñ is called a single valued neutrosophic number [16][17]. For the sake of the simplicity, a single valued neutrosophic number is expressed by $Ñ_A = (t_A, i_A, f_A)$ where $t_A, i_A, f_A \in [0,1]$ and $0 \leq t_A + \ i_A + \ f_A \leq 3$.

**Definition 3** Let $Ñ_1 = \ (t_1, i_1, f_1)$ and $Ñ_2 = \ (t_2, i_2, f_2)$ be two SVN numbers, then summation between $Ñ_1$ and $Ñ_2$ is defined as follows:

$$Ñ_1 + \ Ñ_2 = \ (t_1 + t_2 - t_1 t_2, i_1 i_2, f_1 f_2) \tag{9}$$

**Definition 4** Let $Ñ_1 = \ (t_1, i_1, f_1)$ and $Ñ_2 = \ (t_2, i_2, f_2)$ be two SVN numbers, then multiplication between $Ñ_1$ and $Ñ_2$ is defined as follows:

$$Ñ_1 * \ Ñ_2 = \ (t_1 t_2, i_1 + i_2 - i_1 i_2, f_1 + f_2 - f_1 f_2) \tag{10}$$

**Definition 5.** Let $Ñ = \ (t, i, f)$ be a SVN number and $\lambda \in \mathbb{R}$ anarbitrary positive real number, then:

$$\lambda Ñ = \left(1 - (1 - \mathrm{t})^{\lambda}, i^{\lambda}, f^{\lambda}\right), \lambda > 0 \tag{11}$$

**Definition 6**. If A= $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ , and B= $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ (i= 1,2,…,m) are two single valued neutrosophic sets, then separation measure between $A$ and $B$ applying the normalized Euclidian distance can be expressed as follows:

$$q_n(A,B) = \sqrt{\frac{1}{3n} \sum_{j=1}^{n} \left( \left( t_A(x_i) - t_B(x_i) \right) \right)^2 + \left( \left( i_A(x_i) - i_B(x_i) \right) \right)^2 + \left( \left( f_A(x_i) - f_B(x_i) \right) \right)^2}$$

$$(i = 1,2, \dots, n) \tag{12}$$

**Definition 7**. Let A = (a,b,c) be a single valued neutrosophic number, a score function is mapped $Ñ_A$ into the single crisp output $S(Ñ_A)$ as follows

$$S(\tilde{N}_A) = \frac{3+t_A-2i_A-f_A}{4} \quad (13)$$

where $S(\tilde{N}_A) \in [0,1]$. This score function is the modification of the score function proposed by [18] and allows us to have the results in the same interval as we deal with single valued neutrosophic numbers.

The concept of a linguistic variable is very useful for solving decision making problems with complex content. The value of a linguistic variable is expressed as an element of its term set. Such linguistic values can be represented using single valued neutrosophic numbers.

In the method, there are $k$-decision makers, m-alternatives and n-criteria. $k$-decision makers evaluate the importance of the m-alternatives under n-criteria and rank the performance of the n-criteria with respect to linguistic statements converted into single valued neutrosophic numbers. The importance weights based on single valued neutrosophic values of the linguistic terms is given as Table 1.

**Table 1:** Linguistic variable and SVNSs. Source:[14]

| **Linguistic terms** | **SVNNs** |
|---|---|
| Extremely good (EG)/ 10 points | (1.00, 0.00, 0.00) |
| Very very good (VVG)/ 9 points | (0.90, 0.10, 0.10) |
| Very good (VG)/ 8 points | (0.80, 0.15, 0.20) |
| Good (G) / 7 points | (0.70, 0.25, 0.30) |
| Medium good (MG) / 6 points | (0.60, 0.35, 0.40) |
| Medium (M) / 5 points | (0.50, 0.50, 0.50) |
| Medium bad (MB) / 4 points | (0.40, 0.65, 0.60) |
| Bad (B) / 3 points | (0.30, 0.75, 0.70) |
| Very bad (VB) / 2 points | (0.20, 0.85, 0.80) |
| Very very bad (VVB) / 1 point | (0.10, 0.90, 0.90) |
| Extremely bad (EB) / 0 points | (0.00, 1.00, 1.00) |

The performance of the group decision making applying COPRAS-SVNS approach can be described by the following steps.

- Step 1. Determine the importance of the experts. In the case when the decision is made by a group of the experts (decision makers), firstly the importance or share to the final decision of each expert is determined. If a vector $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$ is the vector describing the importance of the each expert, where $\lambda_k \geq 0$ and $\sum_{k=1}^{K} \lambda_k = 1$.
- Step 2. In the framework of this step, each decision maker performs his evaluations concerning the ratings of the alternatives with respect to the attributes and the attribute weights. If we denote by $x_{ij}^k, i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n$ the $k^{th}$ expert's evaluation of the $i^{th}$ alternative by the $j^{th}$ criterion. This evaluation is expressed in linguistic terms presented in the table 1. So the decision matrix for any particular expert can be constructed

$$X^k = \begin{bmatrix} x^k{}_{11} & x^k{}_{12} \cdots & x^k{}_{1n} \\ x^k{}_{22} & x^k{}_{22} \cdots & x^k{}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x^k{}_{m1} & x^k{}_{m2} \cdots & x^k{}_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

- Step 3. Calculate the weights of the criteria. The aggregated weights of the criteria are determined by

$$w_j = \lambda_1 w_j^{(1)} \cup \lambda_2 w_j^{(2)} \cup \dots \cup \lambda_k w_j^{(k)} = \left(1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - t_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(i_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(f_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}\right) \quad (15)$$

- Step 4. Construction of the aggregated weighted single valued decision matrix

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{22} & \tilde{x}_{22} \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

where any particular element $\tilde{x}_{ij} = (\tilde{t}_{ij}, \tilde{\imath}_{ij}, \tilde{f}_{ij})$ represents the rating of the alternative $A_i$ with respect to j criterion and is determined as follows

$$\tilde{x}_{ij} = \lambda_1 x_{ij}^{(1)} \cup \lambda_2 x_{ij}^{(2)} \cup \dots \cup \lambda_k x_{ij}^{(k)} = \left(1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - t_j{}^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(i_j{}^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(f_j{}^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}\right) \quad (17)$$

- Step 5. Determine the weighted decision matrix. Following Eq. (3), the weighted decision matrix can be expressed as $D = \lfloor d_{ij} \rfloor, d = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n$, where $d_{ij} = \tilde{x}_{ij} * w_j$. Applying Eq. (10), a single element of the weighted decision matrix can be calculated

$$d_{ij} = t_{ij}^{\tilde{x}} t_j^{w}, i_{ij}^{\tilde{x}} + i_j^{w} - i_{ij}^{\tilde{x}} i_j^{w}, f_{ij}^{\tilde{x}} + f_j^{w} - f_{ij}^{\tilde{x}} f_j^{w} \quad (18)$$

- Step 6. Perform summation of the values for the benefit. Let $L_+ = \{1,2, \dots, L_{max}\}$ be a set of the criteria to be maximized. Then the index of the benefit for each alternative can be determined

$$P_{+i} = \sum_{j=1}^{L_{max}} d_{+ij} \quad (19)$$

where this summation of the single value neutrosophic numbers is performed applying Eq.(9).

- Step 7. Perform summation of the values for cost. Let be $L_- = \{1,2, \dots, L_{min}\}$ a set of the criteria to be minimized. Then the index of the cost of each alternative can be determined

$$P_{-i} = \sum_{j=1}^{L_{min}} d_{-ij} \quad (20)$$

- Step 8. Determine the minimal value of the $P_{-i}$.
- Step 9. Determine the score value of each alternative $Q_i$. At the beginning the score values are calculated from the aggregated values for benefit and the cost $S(P_{+i})$ and $S(P_{-i})$ applying Eq.(13). The score values of the alternatives van be expressed as

$$Q_i = S(P_{+i}) + \frac{S(P_{-min}) \sum_{i=1}^{L_{min}} S(P_{-i})}{S(P_{-min}) \sum_{i=1}^{L_{min}} \frac{S(P_{-min})}{S(P_{-i})}} \quad (21)$$

- Step 10. Determine optimality criterion K for the alternatives:

$$K = max_i Q_i; i = 1,2, \dots, m \quad (22)$$

Step 11. Determine the priority of the alternatives. The greater score value $Q_i$ for the alternative corresponds to the highest priority (rank) of the alternative.

## 3 Resultados

La revisión a la base documental permitió la obtención de un conjunto de medidas socioeducativas a tener en cuenta para realizar el análisis deseado. En total se obtuvieron ocho medidas que se consideran como las alternativas de selección a los efectos del presente estudio. Como medidas para evaluar la efectividad de las alternativas, se toman en cuenta cuatro criterios, obtenidos mediante tormenta de ideas y reafirmados mediante consenso de los expertos.

Los criterios seleccionados para el desarrollo del análisis datos se centran en el análisis del riesgo de reincidencia (1), la capacidad de reinserción social (2), la capacidad de reinserción familiar (3) y la reparación del prejuicio realizado (4). En total, el análisis efectuado se lleva a cabo con 5 expertos en el campo objeto de estudio. Se considera todos los expertos poseen un alto grado de importancia debido a su amplia experiencia en el tema tratado.

Los pesos de los criterios se logran mediante las valoraciones de los expertos observando los valores proporcionados en la Tabla 1. De esta manera, la Tabla 2 muestra el vector de pesos obtenido tras la aplicación de la ecuación (15).

**Tabla 2:** Vector de pesos de los criterios analizados. Fuente: Elaboración propia

| Pesos de los criterios | SVNN |
|---|---|
| $w_1$ | (0.87989;0.12011;0.11487) |
| $w_2$ | (0.83428;0.16572;0.15849) |
| $w_3$ | (0.82671;0.17329;0.15157) |

| Pesos de los criterios | SVNN |
|---|---|
| $w_4$ | (0.85573;0.14427;0.13195) |

Los expertos evalúan las alternativas de selección teniendo en cuenta el impacto de los criterios, de acuerdo con los valores mostrados en la Tabla 1. Los datos obtenidos son convertidos en conjuntos neutrosóficos para su uso posterior en el análisis. La Tabla 3.

**Tabla 3:** Evaluación de las alternativas de decisión con respecto a los criterios de evaluación. Fuente: Elaboración propia

| **Criterio 1: Riesgo de Reincidencia** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Alternativas | Experto 1 | Experto 2 | Experto 3 | Experto 4 | Experto 5 |
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.75,0.25,0.2) |
| Reparación del daño causado | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) |
| Internamiento con régimen de semilibertad | (0.9,0.1,0.1) | (0.9,0.1,0.1) | (0.75,0.25,0.2) | (0.9,0.1,0.1) | (0.9,0.1,0.1) |
| Sanciones comunitarias | (0.75,0.25,0.2) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |
| El intercambio domiciliario | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) |
| Reclusión de fin de semana | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |
| Libertad asistida | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.75,0.25,0.2) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) |
| El Internamiento institucional | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) |
| **Criterio 2: Capacidad de Reinserción social** | | | | | |
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.9,0.1,0.1) |
| Reparación del daño causado | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) |
| Internamiento con régimen de semilibertad | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) |
| Sanciones comunitarias | (0.75,0.25,0.2) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |
| El intercambio domiciliario | (0.5,0.5,0.5) | (0.35,0.75,0.8) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) |
| Reclusión de fin de semana | (0.75,0.25,0.2) | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |
| Libertad asistida | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.75,0.25,0.2) | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) |
| El Internamiento institucional | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) |
| **Criterio 3: Capacidad de Reinserción familiar** | | | | | |
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) |
| Reparación del daño causado | (0.5,0.5,0.5) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) |
| Internamiento con régimen de semilibertad | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) |
| Sanciones comunitarias | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |
| El intercambio domiciliario | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) |
| Reclusión de fin de semana | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Libertad asistida | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.35,0.75,0.8) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) |
| El Internamiento institucional | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) |
| **Criterio 4: Reparación del prejuicio causado** | | | | | |
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.9,0.1,0.1) |
| Reparación del daño causado | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) |
| Internamiento con régimen de semilibertad | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.9,0.1,0.1) |
| Sanciones comunitarias | (0.75,0.25,0.2) | (0.9,0.1,0.1) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) |
| El intercambio domiciliario | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) |
| Reclusión de fin de semana | (0.75,0.25,0.2) | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.35,0.75,0.8) | (0.35,0.75,0.8) |
| Libertad asistida | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.75,0.25,0.2) | (0.75,0.25,0.2) | (0.35,0.75,0.8) |
| El Internamiento institucional | (0.35,0.75,0.8) | (0.5,0.5,0.5) | (0.5,0.5,0.5) | (0.75,0.25,0.2) | (0.5,0.5,0.5) |

Las evaluaciones realizadas por los expertos constituyen la base sobre la que se aplican las operaciones referidas por el método para la obtención de la matriz de decisión. Tras la utilización de la ecuación (17), se obtiene la matriz de decisión inicial (ver Tabla 4), en la que se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación del procedimiento señalado.

**Tabla 4:** Matriz de decisión inicial. Fuente: Elaboración propia

| Alternativas | Riesgo de Reincidencia | Capacidad de Reinserción social | Capacidad de Reinserción familiar | Reparación del prejuicio causado |
|---|---|---|---|---|
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.67,0.33,0.289) | (0.725,0.275,0.251) | (0.35,0.75,0.8) | (0.725,0.275,0.251) |
| Reparación del daño causado | (0.81,0.19,0.19) | (0.5,0.5,0.5) | (0.383,0.692,0.728) | (0.5,0.5,0.5) |
| Internamiento con régimen de semi libertad | (0.88,0.12,0.115) | (0.81,0.19,0.19) | (0.621,0.379,0.347) | (0.81,0.19,0.19) |
| Sanciones comunitarias | (0.725,0.275,0.251) | (0.725,0.275,0.251) | (0.685,0.315,0.302) | (0.725,0.275,0.251) |
| El intercambio domiciliario | (0.685,0.315,0.302) | (0.618,0.393,0.398) | (0.685,0.315,0.302) | (0.445,0.588,0.603) |
| Reclusión de fin de semana | (0.621,0.379,0.347) | (0.601,0.411,0.381) | (0.541,0.472,0.457) | (0.491,0.555,0.552) |
| Libertad asistida | (0.67,0.33,0.289) | (0.601,0.411,0.381) | (0.601,0.411,0.381) | (0.652,0.358,0.317) |
| El Internamiento institucional | (0.621,0.379,0.347) | (0.565,0.435,0.416) | (0.445,0.588,0.603) | (0.541,0.472,0.457) |

A partir de la matriz de decisión inicial obtenida, se procede a la aplicación de las transformaciones necesarias que establece la lógica del método empleado para la resolución del problema y la obtención de los resultados. La aplicación de la ecuación (19) permite la obtención de la matriz de decisión ponderada, la cual muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Matriz de decisión ponderada**.** Fuente: Elaboración propia

| Alternativas | Riesgo de Reincidencia | Capacidad de Reinserción social | Capacidad de Reinserción familiar | Reparación del prejuicio causado |
|---|---|---|---|---|
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.59;0.41;0.371) | (0.605;0.395;0.37) | (0.289;0.793;0.83) | (0.62;0.38;0.35) |
| Reparación del daño causado | (0.713;0.287;0.283) | (0.417;0.583;0.579) | (0.317;0.745;0.769) | (0.428;0.572;0.566) |
| Internamiento con régimen de semi libertad | (0.774;0.226;0.217) | (0.676;0.324;0.318) | (0.513;0.487;0.446) | (0.693;0.307;0.297) |
| Sanciones comunitarias | (0.638;0.362;0.337) | (0.605;0.395;0.37) | (0.566;0.434;0.408) | (0.62;0.38;0.35) |
| El intercambio domiciliario | (0.603;0.397;0.382) | (0.516;0.494;0.493) | (0.566;0.434;0.408) | (0.381;0.647;0.655) |
| Reclusión de fin de semana | (0.546;0.454;0.422) | (0.501;0.509;0.479) | (0.447;0.563;0.539) | (0.42;0.619;0.611) |
| Libertad asistida | (0.59;0.41;0.371) | (0.501;0.509;0.479) | (0.497;0.513;0.475) | (0.558;0.451;0.407) |
| El Internamiento institucional | (0.546;0.454;0.422) | (0.471;0.529;0.509) | (0.368;0.659;0.663) | (0.463;0.548;0.529) |

A los efectos del análisis realizado, se considera que el criterio 1 es un criterio de costo, por lo que se esperan mejores resultados al lograr su minimización. Se considera que el resto de los criterios es de beneficio o maximización. Este análisis permite la determinación de los coeficientes propuestos por el método analizado para seleccionar entre las alternativas. La tabla 6 muestra el resultado obtenido, tras la aplicación de los pasos pertinentes.

**Tabla 6:** Valores de Pi, S(P) y valor de puntuación Q para cada alternativa. Fuente: Elaboración propia.

| Medidas | Pi+ | Pi- | S(P+) | S(P-) | Q |
|---|---|---|---|---|---|
| Amonestación e imposición de reglas de conducta | (0.893; 0.119; 0.107) | (0.59; 0.41; 0.371) | 0.89 | 0.6000 | 1.54 |
| Reparación del daño causado | (0.772; 0.248; 0.252) | (0.713; 0.287; 0.283) | 0.76 | 0.7140 | 1.31 |
| Internamiento con régimen de semi libertad | (0.951; 0.049; 0.042) | (0.774; 0.226; 0.217) | 0.95 | 0.7760 | 1.46 |
| Sanciones comunitarias | (0.935; 0.065; 0.053) | (0.638; 0.362; 0.337) | 0.94 | 0.6440 | 1.55 |
| El intercambio domiciliario | (0.87; 0.138; 0.132) | (0.603; 0.397; 0.382) | 0.87 | 0.6070 | 1.51 |
| Reclusión de fin de semana | (0.84; 0.178; 0.158) | (0.546; 0.454; 0.422) | 0.83 | 0.5540 | 1.54 |
| Libertad asistida | (0.889; 0.118; 0.093) | (0.59; 0.41; 0.371) | 0.89 | 0.6000 | 1.55 |
| El Internamiento institucional | (0.821; 0.191; 0.178) | (0.546; 0.454; 0.422) | 0.82 | 0.5540 | 1.53 |

Tal y como se muestra en la Tabla 6, las medidas que según el criterio de los expertos seleccionados son las de mayor efectividad, se centran en las medidas de libertad asistida y sanciones comunitarias. De acuerdo con este criterio, los jóvenes infractores que tras infringir la ley son sometidos a medidas de estos dos tipos tienen menor riego de reincidir en los delitos que los llevaron a juicio, mayor capacidad para reincorporarse al entorno social y familiar y se encuentran más centrados en la reparación de los prejuicios causados.

Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos, las medidas relacionadas con la reclusión de fin de semana y la amonestación e imposición de reglas de conducta se encuentran muy cercanos a los valores óptimos obtenidos en este análisis. De esta manera, se puede asumir que estas cuatro medidas son las que mayor efectividad tienen en el tratamiento de los jóvenes infractores, de acuerdo a la experiencia de los expertos.

## Conclusiones

El derecho penal constituye una de las ramas del Derecho más importante para el desarrollo social y el mantenimiento de las reglas en una sociedad funcional. En este sentido, la resolución de problemas complejos constituye una actividad diaria para los profesionales de tales áreas. La aplicación de métodos matemáticos para la resolución de tales problemas es una herramienta indispensable y de suma importancia y practicidad, incluso en una rama tan subjetiva.

El presente estudio permitió la utilización de la lógica neutrosófica determinar la efectividad de un conjunto de medidas socioeducativas en jóvenes infractores. Se realizó el uso del método COPRAS, modificado en una variante neutrosófica para el análisis de los datos y la selección de las alternativas. Mediante la aplicación del método empleado se determinó la existencia de cuatro medidas de mayor efectividad ante los criterios seleccionados.

Mediante el presente estudio es posible confirmar versatilidad de los métodos de decisión multicriterios para la resolución de problemas complejos de diversa índole. Más aun, se permite verificar la utilidad del uso de los conjuntos neutrosóficos de valor único como herramienta para solventar problemas en los que se incluyen datos imprecisos o indeterminados. La conjunción de métodos de resolución de problemas multicriterios con los aportes realizados por la neutrosofía, constituyen fuertes pilares sobre los que se pueden fundamentar todas las formas de ciencia en aras de resolver, efectivamente, los diversos problemas de la vida real.

## References

[1] M. Y. L. Vázquez, “Modelo de ayuda a la toma de decisiones basado en mapas cognitivos difusos, .,” (Tesis de Doctorado) Universidad de las Ciencias Informáticas, 2013.

[2] M. Grida, R. Mohamed, and A. H. Zaid, “A novel plithogenic MCDM framework for evaluating the performance of IoT based supply chain,” *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 33, no. 1, pp. 323–341, 2020.

[3] L. Zadeh, G. Klir, and B. Yuan, *Conjuntos difusos, lógica difusa y sistemas difusos: artículos seleccionados*, Vol. 6. World Scientific, 1996.

[4] D. Dubois and H. Prade, “Fuzzy sets in approximate reasoning, Part 1: Inference with possibility distributions,” *Fuzzy sets Syst.*, vol. 40, no. 1, pp. 143–202, 1991.

[5] P. K. Maji, R. Biswas, and A. R. Roy, “Intuitionistic fuzzy soft sets,” *J. fuzzy Math.*, vol. 9, no. 3, pp. 677–692, 2001.

[6] A. Yazdani-Chamzini, “An integrated fuzzy multi criteria group decision making model for handling equipment selection,” *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 20, no. 5, pp. 660–673, 2014.

[7] D. Yu, “Intuitionistic fuzzy prioritized operators and their application in multi-criteria group decision making,” *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–21, 2013.

[8] F. Smarandache, *Introduction to neutrosophic measure, neutrosophic integral, and neutrosophic probability*. Craiova: Sitech, 2013.

[9] F. Smarandache, “Neutrosophic set – A generalization of the intuitionistic fuzzy set,” *Neutrosophic Probab. set, Log.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–15, 1995.

[10] V. Vega Falcón, “Aplicación de la Matemática difusa al calculo del umbral de rentabilidad,” *Rev. Costos y Gestión*, vol. 28, pp. 1–14, 1998.

[11] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, “Single valued neutrosophic sets,” *Rev. Air Force Acad.*, vol. 17, no. 1, pp. 10–14, 2010.

[12] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, “TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment.,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 27, no. 3, 2016.

[13] D. Stanujkic, E. K. Zavadskas, F. Smarandache, W. K. M. Brauers, and D. Karabasevic, “A neutrosophic extension of the MULTIMOORA method,” *Informatica*, vol. 28, no. 1, pp. 181–192, 2017.

[14] A. Baušys, Romualdas Zavadskas, Edmundas Kazimieras; Kaklauskas, “Application of neutrosophic set to multicriteria decision making by COPRAS.,” *Econ. Comput. Econ. Cybern. Stud. Res.*, vol. 49, no. 2, pp. 91–106, 2015.

[15] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, and V. Sarka, “The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects,” *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 1, no. 3, pp. 131–139, 1994.

[16] J. Peng, J. Wang, H. Zhang, and X. Chen, “An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with simplified neutrosophic sets,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 25, pp. 336–346, 2014.

[17] H. Zhang, J. Wang, and X. Chen, "An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with interval-valued neutrosophic sets," *Neural Comput. Appl.*, vol. 27, no. 3, pp. 615–627, 2016.
[18] R. Şahin and A. Küçük, "Subsethood measure for single valued neutrosophic sets," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 29, no. 2, pp. 525–530, 2015.

**Recibido:** Mayo 31, 2022. **Aceptado:** Junio 25, 2022