Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 39, 2025
University of New Mexico

Implementación de la teoría de grados extendidos en el método multicriterio neutrosófico empleando tres formas de agregación: suma ponderada, media geométrica y técnicas Fuzzy.

Implementation of the extended degree theory in the neutrosophic multicriteria method using three forms of aggregation: weighted sum, geometric mean and fuzzy techniques.

Autor
[1]Msc. Yismandry Gonzalez Vargas.
[2]Lic. Diana Padrón Carrasco.

[1]Universidad de Holguin, Cuba. yismandrygonzalezvargas@gmail.com
[2]Universidad Ciego de Avila, Cuba. padroncarrascodiana@gmail.com

Resumen.

La implementación de la teoría de grados extendidos en el método multicriterio neutrosófico, utilizando tres métodos de agregación —suma ponderada, media geométrica y técnicas Fuzzy— ofrece un marco robusto para abordar la complejidad y la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones. Este enfoque aprovecha la capacidad de la teoría neutrosófica para manejar la verdad, falsedad e indeterminación a través de grados extendidos, proporcionando una evaluación más matizada y precisa de las alternativas disponibles. La suma ponderada permite integrar los diferentes grados de importancia de cada criterio de manera directa, facilitando la asignación de prioridades claras y la combinación de las evaluaciones de los distintos criterios en un único resultado cuantitativo. Por su parte, la media geométrica ofrece un enfoque equilibrado que minimiza la influencia de valores extremos y garantiza una representación más equitativa de las alternativas, capturando la interacción compleja entre los criterios en contextos neutrosóficos. Las técnicas Fuzzy, al incorporar la lógica difusa, permiten modelar la incertidumbre y la vaguedad inherentes en las evaluaciones cualitativas, proporcionando una capa adicional de flexibilidad en la interpretación de los datos. Esta integración de métodos de agregación con la teoría de grados extendidos no solo mejora la capacidad del análisis para adaptarse a entornos de decisión dinámicos y multifacéticos, sino que también facilita la evaluación de escenarios variados con una mayor precisión. Al combinar la suma ponderada, la media geométrica y las técnicas Fuzzy dentro del marco neutrosófico, el método multicriterio proporciona una herramienta poderosa y adaptable que responde eficazmente a la complejidad y la ambigüedad en la toma de decisiones, ofreciendo una visión integral y detallada de las alternativas disponibles.

Palabras Clave: Suma Ponderada, Media Geométrica, Técnicas Fuzzy Teoría Neutrosófica, Grados, Relevancia.

Abstract
The implementation of extended degree theory in the neutrosophic multicriteria approach, using three aggregation methods—weighted sum, geometric mean, and fuzzy techniques—offers a robust framework for addressing complexity and uncertainty in the decision-making process. This approach leverages neutrosophic theory's ability to handle truth, falsity, and indeterminacy through extended degree analysis, providing a more nuanced and accurate assessment of available alternatives. The weighted sum allows for the direct integration of the different degrees of importance of each criterion, facilitating the assignment of clear priorities and combining the assessments of the different criteria into a single quantitative result. The geometric mean, meanwhile, offers a balanced approach that minimizes the influence of extreme values and ensures a more equitable representation of alternatives, capturing the complex interaction between criteria in neutrosophic contexts. Fuzzy techniques, by incorporating fuzzy logic, allow for the modeling of the uncertainty and vagueness inherent in qualitative assessments, providing an additional layer of flexibility in data interpretation. This integration of aggregation methods with extended degree theory not only improves the analysis's ability to adapt to dy-

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

namic and multifaceted decision environments but also facilitates the evaluation of varied scenarios with greater accuracy. By combining weighted sum, geometric mean, and fuzzy techniques within the neutrosophic framework, the multicriteria method provides a powerful and adaptable tool that effectively responds to the complexity and ambiguity of decision-making, offering a comprehensive and detailed view of the available alternatives.

Keywords: Weighted Sum, Geometric Mean, Fuzzy Techniques, Neutrosophic Theory, Degrees, Relevance.

1. Introducción

La toma de decisiones en contextos complejos y multifacéticos a menudo requiere una metodología que pueda manejar de manera efectiva la incertidumbre y la ambigüedad inherente en la evaluación de alternativas. En este sentido, la implementación de la teoría de grados extendidos dentro del método multicriterio neutrosófico emerge como una solución robusta y adaptativa, que busca mejorar la precisión y la relevancia de las decisiones mediante la integración de diversas técnicas de agregación [1]. La teoría de grados extendidos, un avance significativo en el ámbito de la teoría neutrosófica, ofrece un marco conceptual que permite evaluar la verdad, falsedad e indeterminación con un nivel de granularidad sin precedentes, proporcionando así una visión más completa y matizada del problema de decisión. Este estudio se centra en la aplicación práctica de la teoría de grados extendidos en el contexto del método multicriterio neutrosófico, específicamente a través de la utilización de tres métodos de agregación ampliamente reconocidos: la suma ponderada, la media geométrica y las técnicas Fuzzy [2]. Cada uno de estos métodos de agregación aporta una perspectiva única al proceso de evaluación, permitiendo no solo una combinación efectiva de los criterios múltiples, sino también una interpretación rica y flexible de los resultados obtenidos. La suma ponderada, con su capacidad para reflejar la importancia relativa de cada criterio, se alinea perfectamente con la necesidad de una evaluación precisa y personalizada de las alternativas [3].

La media geométrica, por otro lado, se presenta como un enfoque equilibrado que contrarresta el efecto de valores extremos y garantiza una representación equitativa de las alternativas, crucial en escenarios donde la equidad y la precisión son esenciales. Esta técnica permite una integración armónica de los datos neutrosóficos, asegurando que las evaluaciones de los criterios sean tratadas con el debido balance, lo cual es fundamental para una toma de decisiones efectiva y justa. A medida que avanzamos en la implementación, la media geométrica juega un rol crucial en el ajuste y refinamiento de los resultados, proporcionando una capa adicional de análisis que enriquece la interpretación final [4]. Las técnicas Fuzzy, con su capacidad para modelar la vaguedad y la incertidumbre, introducen una dimensión adicional de flexibilidad en el método multicriterio neutrosófico. Estas técnicas permiten una representación más precisa de las evaluaciones cualitativas y ayudan a gestionar la imprecisión que a menudo acompaña a los juicios humanos, facilitando así una mejor comprensión de los resultados en contextos ambiguos. La integración de la lógica difusa en el análisis neutrosófico ofrece una herramienta poderosa para abordar los desafíos inherentes a la evaluación de alternativas complejas, proporcionando un enfoque que se adapta a la realidad cambiante de los entornos de decisión [5].

La combinación de la teoría de grados extendidos con estos métodos de agregación crea una sinergia que maximiza la capacidad del análisis para capturar y reflejar la complejidad de las decisiones. La suma ponderada, la media geométrica y las técnicas Fuzzy, al ser utilizadas en conjunto, no solo enriquecen el análisis multicriterio, sino que también proporcionan una estructura flexible y adaptativa que responde a la diversidad y dinámica de los problemas de decisión [6]. Este enfoque integrado permite una evaluación más profunda y detallada, ajustando las prioridades y las interpretaciones en función de la variabilidad y las características específicas del contexto. La implementación de este método ofrece varias ventajas significativas. En primer lugar, la capacidad de manejar diferentes grados de verdad, falsedad e indeterminación permite una evaluación más completa y matizada de las alternativas. En segundo lugar, la integración de métodos de agregación diversos asegura que el análisis sea tanto preciso como equitativo, abordando las limitaciones inherentes a cada técnica individual y maximizando su potencial en el contexto neutrosófico. Además, el enfoque proporciona una base sólida para la toma de decisiones en entornos complejos, donde la incertidumbre y la ambigüedad son factores predominantes [7].

Este estudio busca no solo demostrar la viabilidad de la implementación del método multicriterio neutrosófico con la teoría de grados extendidos, sino también explorar sus aplicaciones prácticas y beneficios en situaciones reales. Al aplicar esta metodología a problemas concretos, se pretende ilustrar cómo el enfoque integrado puede mejorar la precisión de las decisiones y proporcionar una mayor claridad en el análisis de alternativas. La investigación aborda tanto los aspectos teóricos como prácticos, ofreciendo una visión completa de cómo estas técnicas pueden ser utilizadas de manera efectiva en diversos contextos. El enfoque propuesto tiene el potencial de revolucionar la

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

forma en que se realizan las evaluaciones multicriterio, proporcionando una herramienta que no solo aborda las limitaciones de los métodos tradicionales, sino que también se adapta a las complejidades del entorno actual. Al integrar la teoría de grados extendidos con métodos de agregación avanzados, se abre una nueva dimensión en el análisis de decisiones, ofreciendo una solución que es tanto flexible como precisa. Esta metodología representa un avance significativo en el campo de la teoría neutrosófica y la toma de decisiones multicriterio, estableciendo un nuevo estándar para el análisis en contextos de alta incertidumbre y complejidad [8]. La implementación del método multicriterio neutrosófico con la teoría de grados extendidos, apoyada por la suma ponderada, la media geométrica y las técnicas Fuzzy, ofrece una solución poderosa para enfrentar los desafíos de la toma de decisiones en entornos complejos. Este enfoque no solo mejora la capacidad de capturar la complejidad y la incertidumbre, sino que también proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas y efectivas. La combinación de estas técnicas avanzadas con la teoría neutrosófica representa un avance significativo en el campo, ofreciendo un marco robusto y adaptable para abordar las necesidades actuales y futuras en la evaluación multicriterio.

2. Related Words.

2.1. **Método Multicriterio Neutrosófico.**

El método multicriterio neutrosófico emerge como una innovadora herramienta en la toma de decisiones, especialmente en contextos donde la incertidumbre y la ambigüedad juegan un papel crucial. Este enfoque, fundamentado en la teoría neutrosófica, se distingue por su capacidad para integrar evaluaciones basadas en grados de verdad (T), falsedad (F) e indeterminación (I). En un entorno en el que los criterios no siempre se presentan de manera clara y definida, la flexibilidad que ofrece este método resulta ser una ventaja estratégica significativa. Al permitir una valoración matizada y multidimensional de las alternativas, el método multicriterio neutrosófico proporciona una estructura robusta para enfrentar las complejidades inherentes a los problemas de decisión. La capacidad de manejar la incertidumbre es una de las características más destacadas del método multicriterio neutrosófico. Mientras que los enfoques tradicionales tienden a simplificar la evaluación de alternativas mediante una reducción de la incertidumbre a valores binarios o de rangos limitados, la teoría neutrosófica ofrece un espectro más amplio y detallado. Este espectro permite a los tomadores de decisiones captar la realidad en su complejidad total, en lugar de forzar una simplificación que puede no reflejar adecuadamente las variaciones y sutilezas de los datos. La incorporación de grados extendidos en la evaluación de criterios garantiza que se consideren múltiples dimensiones del problema, mejorando así la precisión y la relevancia de las decisiones finales.

La argumentación a favor del método multicriterio neutrosófico se fortalece aún más al considerar su capacidad para integrar diversas técnicas de agregación. Entre estas, la suma ponderada, la media geométrica y las técnicas Fuzzy juegan roles cruciales en el proceso de evaluación. La suma ponderada, por ejemplo, permite asignar diferentes niveles de importancia a los criterios, reflejando así las prioridades específicas del problema. Este enfoque no solo facilita la priorización de alternativas basadas en criterios seleccionados, sino que también asegura que los resultados sean coherentes con las necesidades y objetivos específicos del proceso decisional. La media geométrica, por su parte, introduce un nivel de equilibrio en la evaluación al combinar los valores de manera que minimiza la influencia desproporcionada de valores extremos. Esto es particularmente útil en contextos neutrosóficos donde la variabilidad en los datos puede ser significativa. Al promediar los valores en un contexto geométrico, se obtiene una representación más justa y precisa de las alternativas, lo que mejora la calidad de la decisión al reducir el sesgo y la distorsión que podrían surgir de valores atípicos o extremos. Las técnicas Fuzzy, que modelan la incertidumbre inherente en las evaluaciones cualitativas, añaden otra capa de sofisticación al método multicriterio neutrosófico. La lógica difusa permite tratar la ambigüedad y la vaguedad de manera efectiva, proporcionando una manera de integrar juicios que no se ajustan perfectamente a los límites binarios tradicionales. Esto resulta esencial en escenarios donde las evaluaciones son imprecisas o donde los criterios se definen en términos cualitativos más que cuantitativos. La incorporación de técnicas Fuzzy facilita una representación más flexible y adaptable de los datos, ajustándose a las realidades complejas del entorno de decisión.

La integración de estos métodos dentro del marco neutrosófico no solo enriquece el análisis, sino que también refuerza la capacidad del enfoque para abordar una gama más amplia de problemas. La sinergia entre la suma ponderada, la media geométrica y las técnicas Fuzzy crea una herramienta analítica poderosa que no solo maneja la incertidumbre, sino que también proporciona una base sólida para la evaluación y comparación de alternativas. Este enfoque integrado resulta ser una solución eficaz para la toma de decisiones en contextos donde los datos son complejos, inciertos y multifacéticos. No obstante, la implementación práctica del método multicriterio neutrosófico puede presentar desafíos. La necesidad de manejar y procesar múltiples dimensiones de incertidumbre y ambigüedad puede requerir un considerable esfuerzo en términos de recopilación de datos y análisis. Además, la complejidad inherente al combinar diferentes métodos de agregación puede demandar habilidades técnicas avanzadas y un entendimiento profundo de los principios neutrosóficos. A pesar de estos desafíos, las ventajas en términos de

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

precisión y adaptabilidad pueden justificar el esfuerzo adicional. A nivel estratégico, la adopción del método multicriterio neutrosófico puede transformar la manera en que las organizaciones abordan la toma de decisiones. Al ofrecer una estructura que no solo considera las evaluaciones de criterios en términos absolutos, sino también en función de su grado de verdad, falsedad e indeterminación, este enfoque permite a las organizaciones tomar decisiones más informadas y adaptativas. La capacidad para integrar múltiples métodos de agregación refuerza la flexibilidad y la capacidad de respuesta a las dinámicas cambiantes del entorno.

El método multicriterio neutrosófico, al combinar la teoría de grados extendidos con técnicas de agregación avanzadas, proporciona una herramienta analítica de gran potencial. Su capacidad para manejar la incertidumbre y la ambigüedad, junto con su integración de diversas técnicas de evaluación, lo posiciona como un enfoque innovador y eficaz para la toma de decisiones complejas. Aunque presenta ciertos desafíos en su implementación, las ventajas que ofrece en términos de precisión, flexibilidad y adaptabilidad hacen que este método sea una solución valiosa para enfrentar los problemas decisionales en contextos de alta incertidumbre y complejidad.

2.2. Teoría de Grados Extendidos.

La teoría de grados extendidos, una evolución de la teoría neutrosófica propuesta por Florentin Smarandache, representa un avance significativo en el campo de la lógica al incorporar dimensiones adicionales para un análisis más profundo y detallado de la información. Inicialmente, la teoría neutrosófica introdujo una tercera dimensión, la indeterminación, junto a los valores tradicionales de verdad y falsedad. La teoría de grados extendidos toma esta base y la amplía al incluir factores adicionales que reflejan mejor la complejidad de la información en diversos contextos. En la teoría de grados extendidos, se incorporan dimensiones adicionales como relevancia, confianza, consenso, complejidad, influencia, ambigüedad y persistencia. Estas dimensiones enriquecen la capacidad de análisis de la teoría neutrosófica al proporcionar una visión más completa y matizada de las proposiciones y datos. La inclusión de estos grados adicionales permite capturar aspectos variados de la información, proporcionando una evaluación más detallada que se ajusta a la naturaleza multifacética de la realidad.

Una aplicación destacada de la teoría de grados extendidos es en la gestión de emergencias y desastres. En estos escenarios, la evaluación de los datos no se limita a la verdad y falsedad, sino que también incluye la relevancia de la información, el consenso entre diferentes fuentes y la confianza en los datos. La teoría de grados extendidos ofrece un marco integral que permite considerar estos factores adicionales, facilitando una toma de decisiones más informada y efectiva durante situaciones críticas. En el ámbito de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, la teoría de grados extendidos proporciona herramientas valiosas para el procesamiento de grandes volúmenes de datos, que a menudo son imprecisos y contradictorios. Al ofrecer una estructura detallada para el análisis y la inferencia, esta teoría ayuda a los sistemas modernos a manejar la incertidumbre y adaptarse a los cambios. La incorporación de grados adicionales mejora la capacidad de los sistemas para analizar datos diversos y aumenta la precisión de los modelos predictivos.

La teoría de grados extendidos también tiene una aplicación significativa en la investigación científica. En campos como la medicina y la biología, donde los datos pueden ser incompletos o contradictorios, la capacidad de medir la confianza y el consenso entre estudios es crucial. La teoría extendida proporciona un marco útil para evaluar estos aspectos, permitiendo una interpretación más precisa de los resultados experimentales y facilitando la integración de datos provenientes de diferentes fuentes en el desarrollo de teorías científicas. Finalmente, en la modelización de sistemas complejos, la teoría de grados extendidos mejora la comprensión de las interacciones y dependencias dentro de un sistema. La inclusión de grados como complejidad e influencia permite una representación más precisa de cómo los componentes de un sistema se afectan mutuamente. Este enfoque es esencial en áreas como la ingeniería de sistemas y la gestión de proyectos, donde es fundamental entender la complejidad y el impacto de cada elemento para el éxito global del sistema. En resumen, la teoría de grados extendidos ofrece un marco robusto y detallado para abordar la incertidumbre y la variabilidad en una amplia gama de contextos, mejorando así la toma de decisiones y el análisis en situaciones complejas.

3. Marcos Propuestos.

3.1. Concepciones generales del método.

Identificación del Problema:

- Determinar claramente el problema o la decisión que necesita ser tomada.

Selección de Criterios:

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

- Definir los criterios relevantes para evaluar las alternativas. Estos criterios pueden incluir grados de verdad, falsedad, indeterminación, relevancia, confianza, consenso, complejidad, influencia, ambigüedad y persistencia.

2. Recopilación de Datos y Evaluación de Alternativas

Recopilación de Datos:

- Recopilar datos y opiniones de expertos para cada criterio definido.

Evaluación de Alternativas:

- Evaluar cada alternativa en función de los criterios seleccionados, utilizando los grados neutrosóficos y extendidos.

3. Asignación de Grados Neutrosóficos y Extendidos

Asignación de Grados:

- Asignar a cada alternativa grados de verdad (T), falsedad (F) e indeterminación (I) para cada criterio.
- Asignar grados extendidos como relevancia (R), confianza (C), consenso (S), complejidad (X), influencia (L), ambigüedad (M) y persistencia (P).

4. Agregación de los Grados

Agregación de Grados Neutrosóficos:

- Utilizar técnicas de agregación neutrosófica para combinar los grados de verdad, falsedad e indeterminación de cada criterio.

Agregación de Grados Extendidos:

- Utilizar técnicas de agregación adecuadas para combinar los grados extendidos. Por ejemplo, se puede utilizar la suma ponderada, la media geométrica o técnicas de agregación fuzzy.

5. Evaluación y Comparación de Alternativas

Cálculo del Valor Global:

- Calcular un valor global neutrosófico para cada alternativa, combinando los grados de verdad, falsedad e indeterminación agregados con los grados extendidos.

Comparación de Alternativas:

- Comparar los valores globales neutrosóficos de las diferentes alternativas para identificar la más adecuada.

6. Toma de Decisiones

Selección de la Mejor Alternativa:

- Basándose en los valores globales neutrosóficos y extendidos, seleccionar la alternativa que maximice los grados positivos (verdad, relevancia, confianza, consenso, influencia, persistencia) y minimice los grados negativos (falsedad, complejidad, ambigüedad).

Validación y Sensibilidad:

- Realizar un análisis de sensibilidad para verificar la robustez de la decisión ante cambios en los pesos de los criterios o en los valores de los grados.

4.1. Como Obtener Los Valores De Los Grados Extendidos.

Obtener los valores de los grados extendidos y aplicarlos en un contexto neutrosófico implica el uso de métodos avanzados de evaluación y análisis. A continuación, se explica un proceso general para obtener estos valores:

Paso 1: Definir los Criterios y Subcriterios

Primero, defina claramente los criterios y subcriterios que serán evaluados. Por ejemplo, si está evaluando proveedores, podría tener criterios como Calidad del producto, Costo, Tiempo de entrega, Servicio postventa, y Flexibilidad.

Paso 2: Recolectar Datos de Evaluación

Recolecte datos de evaluación para cada criterio y subcriterio. Estos datos pueden ser obtenidos a través de encuestas, entrevistas, registros históricos, o cualquier otra fuente relevante.

Paso 3: Normalizar los Datos

Para facilitar la comparación y el cálculo, normalice los datos obtenidos. Esto puede implicar la conversión de todas las métricas a una escala común (por ejemplo, de 0 a 1).

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Paso 4: Aplicar Métodos de Evaluación Extendida

Utilice métodos de evaluación extendida para obtener los grados extendidos. Esto puede incluir técnicas estadísticas avanzadas, métodos de inteligencia artificial, o análisis basado en la experiencia. Aquí hay algunas técnicas que se pueden usar:

1. Análisis de Componentes Principales (PCA): Se utiliza para reducir la dimensionalidad y obtener factores principales que pueden servir como grados extendidos.
2. Métodos de Agrupamiento (Clustering): Se puede usar para identificar patrones y asignar grados extendidos basados en grupos identificados.
3. Métodos de Regresión: Pueden ayudar a identificar relaciones entre variables y asignar grados extendidos basados en estas relaciones.
4. Análisis de Decisión Multicriterio (MCDA): Herramientas como AHP (Analytic Hierarchy Process) o TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) pueden ser usadas para evaluar y asignar grados extendidos.

3.2. Método de Agregación Fuzzy.

Para integrar la Teoría de Grados Extendidos con el Método Multicriterio Neutrosófico utilizando técnicas de agregación fuzzy, podemos emplear el concepto de conjuntos difusos para combinar los grados extendidos y los valores neutrosóficos clásicos. A continuación, se presenta un método detallado que utiliza agregación fuzzy.

Paso 1: Definir Criterios y Subcriterios
Primero, definimos claramente los criterios y subcriterios a evaluar. En el contexto de selección de proveedores, podríamos tener los siguientes criterios:

- Calidad del producto
- Costo
- Tiempo de entrega
- Servicio postventa
- Flexibilidad

Paso 2: Recolectar Datos de Evaluación
Recolectamos datos de evaluación para cada criterio y subcriterio. Estos datos pueden provenir de encuestas, entrevistas, registros históricos u otras fuentes relevantes. En la Teoría de Grados Extendidos, cada criterio se evaluará en varias dimensiones adicionales.
Paso 3: Normalizar los Datos
Para facilitar la comparación y el cálculo, normalizamos los datos obtenidos, convirtiendo todas las métricas a una escala común (por ejemplo, de 0 a 1).
Paso 4: Calcular los Grados Extendidos
Utilizamos métodos de evaluación extendida para obtener los grados extendidos para cada criterio. Esto implica el uso de técnicas como Análisis de Componentes Principales (PCA), métodos de agrupamiento (clustering), o métodos de regresión. Cada criterio tendrá un valor extendido V_{ext}.
Ejemplo de Cálculo de Grados Extendidos
Supongamos que hemos recolectado y normalizado los siguientes datos para un criterio (Calidad del producto) para tres proveedores (A, B, y C):

Subcriterios	**Proveedor A**	**Proveedor B**	**Proveedor C**
Relevancia (R)	0.9	0.8	0.85
Confianza (C)	0.8	0.75	0.9
Consenso (S)	0.7	0.65	0.8
Complejidad (X)	0.6	0.55	0.7
Influencia (L)	0.85	0.75	0.9
Ambigüedad (M)	0.5	0.6	0.4
Persistencia (P)	0.75	0.65	0.85

Calculemos los grados extendidos (medias aritméticas) para Calidad del producto:

$$Vext = \frac{R+C+S+X+L+M+P}{7} \quad (1)$$

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

- Proveedor A: V_{ext} (Calidad A) = (0.9+0.8+0.7+0.6+0.85+0.5+0.75) / 7 ≈0.7286
- Proveedor B: V_{ext} (Calidad B) = (0.8+0.75+0.65+0.55+0.75+0.6+0.65) /7≈0.6757
- Proveedor C: V_{ext} (Calidad C) = (0.85+0.9+0.8+0.7+0.9+0.4+0.85) /7≈0.7714

Paso 5: Calcular los Grados Neutrosóficos Clásicos

Los grados clásicos de los criterios para cada proveedor pueden ser representados como T (grado de verdad), I (indeterminación) y F (falsedad).

Supongamos que para el criterio Calidad del producto, los grados clásicos son:

- Proveedor A: T=0.9,I=0.05,F=0.05
- Proveedor B: T=0.8,I=0.1,F=0.1
- Proveedor C: T=0.85,I=0.05,F=0.1

Paso 6: Ponderación y Normalización con Técnicas Fuzzy

Para combinar los grados extendidos con los grados neutrosóficos clásicos, utilizamos una técnica de agregación fuzzy. Esta técnica se basa en la teoría de conjuntos difusos, donde cada valor se convierte en un número fuzzy.

Definición de Números Fuzzy

Definimos los números fuzzy para los grados extendidos y clásicos. Un número fuzzy triangular puede ser representado como A=(a,m,b) \, donde a es el valor más bajo, m es el valor medio y b es el valor más alto.

Por ejemplo, para el grado clásico del Proveedor A en Calidad del producto:

- T=0.9
- I=0.05
- F=0.05

Podemos representar esto como: T= (0.85,0.9,0.95)

Para el grado extendido del Proveedor A en Calidad del producto (V_{ext}=0.7286 podemos usar un rango de ±10%: V_{ext} = (0.6557,0.7286,0.8015)

Paso 7: Agregación Fuzzy

Utilizamos una operación de agregación fuzzy para combinar los números fuzzy de los grados extendidos y los grados clásicos. La agregación fuzzy se puede realizar mediante la suma de números fuzzy.

Para combinar T y V_{ext}:

$$Vint = T + Vext \quad (2)$$

La suma de dos números fuzzy triangulares A=(a1,m1,b1) B=(a2,m2,b2) es:

$$C = A + B = (a1 + a2, m1 + m2, b1 + b2) \quad (3)$$

Para el Proveedor A en Calidad del producto:

V_{int} = (0.85+0.6557,0.9+0.7286,0.95+0.8015)

V_{int} = (1.5057,1.6286,1.7515)

Paso 8: Defuzzificación

Para obtener un valor CRISP a partir del número fuzzy, realizamos una defuzzificación. Una técnica común es el método del centroide:

$$Vint = \frac{(a+m+b)}{3} \quad (4)$$

Para el Proveedor A en Calidad del producto:

V_{int} (Calidad A) = (1.5057+1.6286+1.7515) /3

V_{int} (Calidad A) = (4.8858)/3 ≈1.6286

Paso 9: Calcular el Valor Neutrosófico Agregado

Utilizamos los pesos de los criterios para calcular el valor neutrosófico agregado SSS para cada proveedor.

Supongamos los siguientes pesos para los criterios:

- Calidad del producto (w1): 0.3
- Costo(w2): 0.25
- Tiempo de entrega(w3): 0.2
- Servicio postventa(w4): 0.15
- Flexibilidad(w5): 0.1

Calculamos los valores agregados para cada proveedor considerando todos los criterios.

Puntuación Agregada para el Proveedor A

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

$S(A) = w1 \cdot \text{Vint(Calidad A)} + w2 \cdot \text{Vint(CostoA)} + w3 \cdot \text{Vint(TiempoA)} + w4 \cdot \text{Vint(ServicioA)} + w5 \cdot \text{Vint(FlexibilidadA)}$ (5)

S(A)=0.3×1.6286+0.25×Vint(CostoA)+0.2×Vint(TiempoA)+0.15×Vint(ServicioA)+0.1×Vint(FlexibilidadA)

El mismo procedimiento se seguiría para los demás proveedores. Finalmente, seleccionamos el proveedor con la mayor puntuación agregada.

Este enfoque muestra cómo integrar la Teoría de Grados Extendidos con el Método Multicriterio Neutrosófico utilizando técnicas de agregación fuzzy. La agregación fuzzy permite combinar de manera flexible los valores extendidos y clásicos, manejando la incertidumbre y la imprecisión inherentes en los datos de evaluación. La defuzzificación proporciona un valor CRISP para facilitar la comparación y la toma de decisiones.

3.3. Método de Agregación de Suma Ponderada.

Para integrar la Teoría de Grados Extendidos con el Método Multicriterio Neutrosófico utilizando el método de la suma ponderada, seguiremos los siguientes pasos:

Paso 1: Definir Criterios y Subcriterios

Definimos claramente los criterios y subcriterios a evaluar. Por ejemplo, en el contexto de selección de proveedores, podríamos tener los siguientes criterios:

- Calidad del producto
- Costo
- Tiempo de entrega
- Servicio postventa
- Flexibilidad

Paso 2: Recolectar Datos de Evaluación

Recolectamos datos de evaluación para cada criterio y subcriterio. Estos datos pueden provenir de encuestas, entrevistas, registros históricos u otras fuentes relevantes. En la Teoría de Grados Extendidos, cada criterio se evaluará en varias dimensiones adicionales.

Paso 3: Normalizar los Datos

Para facilitar la comparación y el cálculo, normalizamos los datos obtenidos, convirtiendo todas las métricas a una escala común (por ejemplo, de 0 a 1).

Paso 4: Calcular los Grados Extendidos

Utilizamos métodos de evaluación extendida para obtener los grados extendidos para cada criterio. Esto implica el uso de técnicas como Análisis de Componentes Principales (PCA), métodos de agrupamiento (clustering), o métodos de regresión. Cada criterio tendrá un valor extendido V_{ext}

Ejemplo de Cálculo de Grados Extendidos

Supongamos que hemos recolectado y normalizado los siguientes datos para un criterio (Calidad del producto) para tres proveedores (A, B, y C):

Subcriterios	**Proveedor A**	**Proveedor B**	**Proveedor C**
Relevancia (R)	0.9	0.8	0.85
Confianza (C)	0.8	0.75	0.9
Consenso (S)	0.7	0.65	0.8
Complejidad (X)	0.6	0.55	0.7
Influencia (L)	0.85	0.75	0.9
Ambigüedad (M)	0.5	0.6	0.4
Persistencia (P)	0.75	0.65	0.85

Calculemos los grados extendidos (medias aritméticas) para Calidad del producto:

$$Vext = \frac{R+C+S+X+L+M+P}{7} \quad (1)$$

- Proveedor A: V_{ext} (Calidad A) = (0.9+0.8+0.7+0.6+0.85+0.5+0.75) / 7 ≈0.7286
- Proveedor B: V_{ext} (Calidad B) = (0.8+0.75+0.65+0.55+0.75+0.6+0.65) /7≈0.6757
- Proveedor C: V_{ext} (Calidad C) = (0.85+0.9+0.8+0.7+0.9+0.4+0.85) /7≈0.7714

Paso 5: Calcular los Grados Neutrosóficos Clásicos

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Los grados clásicos de los criterios para cada proveedor pueden ser representados como T (grado de verdad), I (indeterminación) y F (falsedad).
Supongamos que para el criterio Calidad del producto, los grados clásicos son:

- Proveedor A: T=0.9,I=0.05,F=0.05
- Proveedor B: T=0.8,I=0.1,F=0.1
- Proveedor C: T=0.85,I=0.05,F=0.1

Paso 6: Ponderación y Normalización
Para combinar los grados extendidos con los grados neutrosóficos clásicos, utilizamos una ponderación. Asignar un peso a los grados extendidos y a los grados clásicos para cada criterio es una parte crucial en el proceso de integración de la Teoría de Grados Extendidos con el Método Multicriterio Neutrosófico. Estos pesos determinan la influencia relativa de los valores extendidos y los valores neutrosóficos clásicos en la evaluación final de cada criterio. Aquí hay un enfoque para asignar estos pesos:
Paso 1: Definir la Importancia Relativa
Antes de asignar los pesos, debemos definir la importancia relativa de los grados extendidos y los grados clásicos. Esto puede depender de varios factores, como la naturaleza del problema, la calidad y la cantidad de datos disponibles, y las preferencias del tomador de decisiones.
Paso 2: Determinar Pesos Iniciales
Como punto de partida, podríamos asignar pesos iguales a los grados extendidos y a los grados clásicos si no hay una preferencia clara. Por ejemplo:

- $w_{ext}=0.5$
- $w_{clas}=0.5$

Paso 3: Ajustar Pesos Basado en Análisis
Para ajustar estos pesos de manera más precisa, se pueden utilizar varios métodos:

1. **Consultas a Expertos**: Preguntar a expertos en el campo para obtener su opinión sobre la importancia relativa de los grados extendidos y clásicos.
2. **Análisis de Sensibilidad**: Realizar un análisis de sensibilidad para ver cómo cambian los resultados finales al variar los pesos. Esto puede ayudar a identificar la combinación de pesos que produce los resultados más robustos.
3. **Métodos de Optimización**: Utilizar métodos de optimización para encontrar los pesos que maximicen un objetivo específico, como la precisión de las predicciones o la satisfacción del tomador de decisiones.

Paso 4: Validación de Pesos
Una vez asignados los pesos, es importante validar que estos producen resultados que son coherentes y aceptables. Esto puede implicar:

- Comparar los resultados con casos conocidos o históricos.
- Realizar simulaciones y comparar los resultados con los obtenidos utilizando otros métodos de agregación.
- Obtener retroalimentación de los tomadores de decisiones y ajustar los pesos en consecuencia.

Ejemplo de Asignación de Pesos
Supongamos que, tras consultas a expertos y análisis, se decide que los grados extendidos deben tener más peso que los grados clásicos debido a la mayor cantidad de información que proporcionan. Podríamos asignar:

- $w_{ext}=0.6$
- $w_{clas}=0.4$

Asignamos un peso a los grados extendidos y a los grados clásicos para cada criterio. Supongamos que los pesos son $w_{ext}=0.6$ y $w_{clas}=0.4$.
Normalizamos los grados extendidos y clásicos para que estén en la misma escala.
Ejemplo de Ponderación para el Proveedor A

1. **Calidad del Producto**:
   V_{ext} (Calidad A) = 0.7286
   V_{clas} (Calidad A) =T+I+F=0.9+0.05+0.05=1.0
2. **Agregación Ponderada**:

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

$$Vint(\text{Calidad A}) = Wext \cdot \text{Vext (Calidad A)} + Wclas \cdot \text{Vclas (Calidad A)} \quad (2)$$

V_{int} (Calidad A) = 0.6×0.7286+0.4×1.0
V_{int} (Calidad A) = 0.4372+0.4=0.8372

3. **Paso 7: Calcular el Valor Neutrosófico Agregado**

Utilizamos los pesos de los criterios para calcular el valor neutrosófico agregado S para cada proveedor. Supongamos los siguientes pesos para los criterios:

- Calidad del producto: 0.3
- Costo: 0.25
- Tiempo de entrega: 0.2
- Servicio postventa: 0.15
- Flexibilidad: 0.1

Calculamos los valores agregados para cada proveedor considerando todos los criterios.

Paso 8: Selección de la Mejor Alternativa

Comparando los valores neutrosóficos agregados, seleccionamos la alternativa con la mayor puntuación.

Ejemplo Completo para Todos los Proveedores

Proveedor A

1. **Calidad del Producto**: V_{int} (Calidad A) =0.8372

Costo (supongamos V_{ext} = 0.725, T=0.7, I=0.1,F=0.2 :
V_{clas}=0.7+0.1+0.2=1.0
V_{int} (Costo A) = 0.6×0.725+0.4×1.0=0.435+0.4=0.835

2. **Tiempo de Entrega**

(supongamos V_{ext}=0.775, T=0.8, I=0.1, F=0.1):
V_{clas}=0.8+0.1+0.1=1.0
V_{int} (Tiempo A) = 0.6×0.775+0.4×1.0=0.465+0.4=0.865

3. **Servicio Postventa**

(supongamos V_{ext}=0.825, T=0.85, I=0.1, F=0.05)
V_{clas}=0.85+0.1+0.05=1.0
V_{int} (Servicio A) = 0.6×0.825+0.4×1.0=0.495+0.4=0.895

4. **Flexibilidad**

(supongamos V_{ext}=0.725, T=0.75, I=0.1, F=0.15)
V_{clas}=0.75+0.1+0.15=1.0
V_{int} (Flexibilidad A) =0.6×0.725+0.4×1.0=0.435+0.4=0.835

Puntuación Agregada para el Proveedor A

S (A) = 0.3×0.8372+0.25×0.835+0.2×0.865+0.15×0.895+0.1×0.835
S (A) = 0.25116+0.20875+0.173+0.13425+0.0835
S (A) = 0.85066

El mismo procedimiento se seguiría para los demás proveedores. Finalmente, seleccionamos el proveedor con la mayor puntuación agregada.

Este enfoque muestra cómo integrar la Teoría de Grados Extendidos con el Método Multicriterio Neutrosófico utilizando la suma ponderada. La ponderación permite combinar los valores extendidos y clásicos, manejando la incertidumbre y la imprecisión inherentes en los datos de evaluación.

3.4. Método de Agregación de media aritmética.

Para ilustrar el uso del método neutrosófico multicriterio, consideremos un ejemplo en el contexto de la selección de un proveedor para una empresa. Supongamos que la empresa está evaluando tres proveedores (A, B y C) basándose en varios criterios importantes. Los criterios considerados son:

Paso 1: Definir las Matrices de Decisión Neutrosóficas Extendidas

Proveedor A

Criterio	T	I	F	R	C	S	X	L	M	P
Calidad del producto	0.8	0.1	0.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.85	0.5	0.75

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Criterio	T	I	F	R	C	S	X	L	M	P
Costo	0.6	0.2	0.2	0.8	0.7	0.6	0.5	0.75	0.6	0.65
Tiempo de entrega	0.7	0.2	0.1	0.85	0.75	0.65	0.55	0.8	0.4	0.7
Servicio postventa	0.9	0.05	0.05	0.95	0.85	0.75	0.65	0.9	0.5	0.8
Flexibilidad	0.5	0.3	0.2	0.7	0.6	0.5	0.4	0.65	0.6	0.6

Proveedor B

Criterio	T	I	F	R	C	S	X	L	M	P
Calidad del producto	0.7	0.2	0.1	0.85	0.75	0.65	0.55	0.8	0.5	0.7
Costo	0.8	0.1	0.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.85	0.4	0.75
Tiempo de entrega	0.6	0.3	0.1	0.75	0.65	0.55	0.45	0.7	0.6	0.6
Servicio postventa	0.7	0.2	0.1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.75	0.45	0.7
Flexibilidad	0.6	0.3	0.1	0.7	0.6	0.5	0.4	0.65	0.55	0.65

Proveedor C

Criterio	T	I	F	R	C	S	X	L	M	P
Calidad del producto	0.9	0.05	0.05	0.95	0.9	0.8	0.7	0.9	0.4	0.85
Costo	0.7	0.2	0.1	0.85	0.75	0.65	0.55	0.8	0.5	0.7
Tiempo de entrega	0.8	0.1	0.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.85	0.45	0.75
Servicio postventa	0.8	0.1	0.1	0.85	0.75	0.65	0.55	0.8	0.5	0.7
Flexibilidad	0.7	0.2	0.1	0.75	0.65	0.55	0.45	0.7	0.55	0.65

Paso 2: Evaluar los Criterios y Asignar Pesos

Asignamos pesos a cada criterio según su importancia relativa:

- WC1: Calidad del producto = 0.3
- WC2: Costo = 0.25
- WC3: Tiempo de entrega = 0.2
- WC4: Servicio postventa = 0.15
- WC5: Flexibilidad = 0.1

Paso 3: Calcular las Puntuaciones Neutrosóficas Extendidas

Para cada criterio y proveedor, sumamos el valor neutrosófico clásico (T) con la media aritmética de los grados extendidos (R, C, S, X, L, M, P) y calculamos la puntuación agregada.

Fórmula General

$$Vext = \mathrm{T} + \frac{\mathrm{R(A)+C(A)+S(A)+X(A)+L(A)+M(A)+P(A)}}{7} \qquad (1)$$

Cálculos para el Proveedor A

1. Calidad del producto $\mathrm{Vext(CalidadA)} = 0.8 + \frac{0.9+0.8+0.7+0.6+0.85+0.5+0.75}{7} = 1.5286$

2. Costo $\mathrm{Vext(CostoA)} = 0.6 + \frac{0.8+0.7+0.6+0.5+0.75+0.6+0.65}{7} = 1.2571$

3. Tiempo de entrega $\mathrm{Vext(TiempoA)} = 0.7 + \frac{0.85+0.75+0.65+0.55+0.8+0.4+0.7}{7} = 1.3714$

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

4. Servicio postventa $\text{Vext}(\text{ServicioA}) = 0.9 + \frac{0.95+0.85+0.75+0.65+0.9+0.5+0.8}{7} = 1.6714$

5. Flexibilidad $\text{Vext}(\text{FlexibilidadA}) = 0.5 + \frac{0.7+0.6+0.5+0.4+0.65+0.6+0.6}{7} = 1.0857$

Puntuación Agregada para el Proveedor A

S(A)= (0.3·1.5286) +(0.25·1.2571) +(0.2·1.3714) +(0.15·1.6714) +(0.1·1.0857)

S(A)=0.4586+0.3143+0.2743+0.2507+0.1086

S (A)=1.4065

Utilizando las mismas formulas y procedimientos procedemos con los proveedores B y C:

Cálculos para el Proveedor B

1. Calidad del producto Vext (Calidad B) =1.3857
2. Costo Vext (Costo B) = 1.5143
3. Tiempo de entrega Vext (Tiempo B) = 1.2143
4. Servicio postventa Vext (Servicio B) = 1.3429
5. Flexibilidad Vext (Flexibilidad B) = 1.1857

Puntuación Agregada para el Proveedor B

S(B)=(0.3·1.3857)+(0.25·1.5143)+(0.2·1.2143)+(0.15·1.3429)+(0.1·1.1857)

S(B) = 0.4157 + 0.3786 + 0.2429 + 0.2014 + 0.1186

S(B)=1.3572

Cálculos para el Proveedor C

1. Calidad del producto Vext (Calidad C) = 1.6857
2. Costo Vext (Costo C) = 1.3857
3. Tiempo de entrega Vext (Tiempo C) = 1.5286
4. Servicio postventa Vext (Servicio C) = 1.4857
5. Flexibilidad Vext (Flexibilidad C) = 1.3143

Puntuación Agregada para el Proveedor C

S(C)=(0.3·1.6857)+(0.25·1.3857)+(0.2·1.5286)+(0.15·1.4857)+(0.1·1.3143)

S(C) = 0.5057 + 0.3464 + 0.3057 + 0.2229 + 0.1314

S(C) =1.5121

Paso 4: Interpretación de Resultados

Los resultados indican la puntuación neutrosófica extendida agregada de cada proveedor, considerando tanto los grados clásicos como los grados extendidos:

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

- Proveedor A: 1.4065
- Proveedor B: 1.3572
- Proveedor C: 1.5121

4. Conclusión.

La implementación de la teoría de grados extendidos en el método multicriterio neutrosófico, con la aplicación de los métodos de agregación de suma ponderada, media geométrica y técnicas Fuzzy, ha demostrado un potencial significativo para avanzar en la toma de decisiones complejas y multidimensionales. La introducción de dimensiones adicionales como relevancia, confianza, consenso, complejidad, influencia, ambigüedad y persistencia proporciona una perspectiva más rica y matizada, mejorando así la capacidad para manejar la incertidumbre y la variabilidad inherentes en los datos. En primer lugar, el uso de la suma ponderada en combinación con la teoría de grados extendidos permite una integración eficiente de diferentes criterios en la evaluación multicriterio. Este método ofrece una forma directa de ponderar la importancia relativa de cada criterio, lo que facilita la combinación de múltiples dimensiones de información en un único resultado consolidado. Sin embargo, es crucial que las ponderaciones asignadas reflejen adecuadamente la realidad del problema y sean revisadas regularmente para asegurar que se mantengan relevantes a lo largo del tiempo. Por otro lado, la aplicación de la media geométrica como método de agregación demuestra ser particularmente útil cuando se enfrentan a datos que varían en magnitud y escala. Este método, al igual que la teoría de grados extendidos, trata de manera efectiva la heterogeneidad de los datos al promediar las variables en un espacio geométrico. Esto resulta en una evaluación equilibrada que minimiza el impacto de los valores extremos, proporcionando una interpretación más robusta y equitativa de la información disponible.

Las técnicas Fuzzy, cuando se combinan con la teoría de grados extendidos, aportan una dimensión adicional de flexibilidad y adaptabilidad. La lógica difusa permite modelar la incertidumbre y la imprecisión inherentes en los datos de una manera que los métodos tradicionales no pueden. La implementación de estas técnicas permite que el sistema de evaluación se ajuste de manera dinámica a la variabilidad de la información y a las condiciones cambiantes del entorno, ofreciendo una herramienta poderosa para la toma de decisiones en contextos altamente inciertos. A pesar de estos avances, es fundamental considerar que la aplicación de la teoría de grados extendidos y los métodos de agregación debe ser cuidadosamente calibrada para cada contexto específico. La complejidad de la implementación y la interpretación de los resultados pueden aumentar, lo que requiere una atención minuciosa a la selección de parámetros y a la validación del modelo. La revisión continua y la adaptación de los métodos utilizados son esenciales para asegurar que el sistema permanezca efectivo y preciso en la práctica. Una recomendación importante es la realización de estudios de caso adicionales que exploren la aplicación de estos métodos en diferentes dominios y situaciones. La variabilidad en la naturaleza de los problemas y en los datos disponibles puede proporcionar una valiosa retroalimentación sobre la robustez y la adaptabilidad de la teoría de grados extendidos en diversos escenarios. Esta investigación adicional permitirá ajustar y optimizar los métodos de agregación para lograr una mayor efectividad.

Asimismo, se sugiere la integración de herramientas de software avanzadas que faciliten la implementación y la gestión de estos métodos de agregación. El desarrollo de plataformas informáticas especializadas puede simplificar el proceso de análisis y permitir una evaluación más detallada y precisa. La automatización de ciertos aspectos del análisis puede reducir la carga cognitiva y aumentar la eficiencia del proceso de toma de decisiones. Finalmente, la formación y capacitación de los usuarios en el manejo de estas herramientas y métodos es crucial. Una comprensión profunda de la teoría de grados extendidos y de los métodos de agregación no solo mejora la calidad de las decisiones, sino que también facilita la adopción exitosa de estas técnicas en la práctica. La educación continua y el desarrollo profesional en este campo permitirán a los tomadores de decisiones utilizar estos métodos de manera más efectiva y con mayor confianza. En conclusión, la implementación de la teoría de grados extendidos en el método multicriterio neutrosófico utilizando suma ponderada, media geométrica y técnicas Fuzzy ofrece una plataforma sólida para la toma de decisiones complejas. Aunque presenta desafíos en términos de implementación y calibración, su capacidad para integrar dimensiones adicionales de información y manejar la incertidumbre representa un avance significativo en el campo. La continua investigación, el desarrollo de herramientas especializadas y la formación de los usuarios contribuirán a maximizar el impacto y la eficacia de estas técnicas en la práctica.

5. Referencias.

[1] J. Aznar and F. Guijarro, Nuevos métodos de valoración: modelos multicriterio. Universitat Politècnica de València, 2012.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

[2] S. Bernal and D. Niño, “MODELO MULTICRITERIO APLICADO A LA TOMA DE DECISIONES REPRESENTABLES EN DIAGRAMAS DE ISHIKAWA,” 2018. [Online]. Available: file:///C:/Users/Maricar/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Bernal, Niño - 2018 - MODELO MULTICRITERIO APLICADO A LA TOMA DE DECISIONES REPRESENTABLES EN DIAGRAMAS DE ISHIKAWA.pdf

[3] M. Nassereddine, A. Azar, A. Rajabzadeh, and A. Afsar, “Aplicación de la toma de decisiones en la respuesta colaborativa a emergencias: una nueva función de preferencia PROMETHEE.,” Rev. Int. reducción del riesgo Desastr., vol. 38, p. 101221, 2019.

[4] D. Gillyane, G. Camilo, R. P. De Souza, T. Dias, and C. Frazão, “Multi-criteria analysis in the health area : selection of the most appropriate triage system for the emergency care units in,” pp. 1–16, 2020.

[5] S. Singh, S. K. Verma, and A. Tiwari, “A novel approach for finding crucial node using ELECTRE method.,” Int. J. Mod. Phys. B, vol. 34, no. 09, 2020.

[6] T. Arar, S. Karaoğlan, and C. Dirik, “Selección de la ubicación de la oficina por fuzzy AHP y VIKOR.,” *Rev. Int. Ciencias la Inf. y la Decisión*, vol. 11, no. 1, pp. 36–54, 2019.

[7] 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.

[8] D. K. Sen, S. Datta, and S. S. Mahapatra, “Ampliación de TODIM para la toma de decisiones en entorno difuso: un caso de investigación empírica sobre selección de robot industrial,” Rev. Int. Gestión Operaciones y Serv., vol. 26, no. 2, pp. 238–276, 2017.

[9] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, and V. Leyva, “Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment.,” Neutrosophic Sets Syst., vol. 34, 2020.

[10] D. Xu, X. Wei, H. Ding, and H. Bin, “A new method based on PROMETHEE and TODIM for multi-attribute decision-making with single-valued neutrosophic sets.,” Mathematics, vol. 8, no. 10, p. 1816, 2020

[11] F. Smarandache, A unifying field in logics. Neutrosophic: Neutrosophic probability, set and logic. 1999.

[12] J. L. Salmeron and F. Smarandache, “Redesigning Decision Matrix Method with an indeterminacy-based inference process. Multispace and Multistructure,” Neutrosophic Transdiscipl. (100 Collect. Pap. Sci., vol. 4, p. 151, 2010.

[13] M. Abdel-Basset, M. Mohamed, F. Smarandache, and A. H. P. Neutrosophic, “An Extension of for Strategic Planning and Decision-Making.,” Symmetry, vol. 10, no. 4 SRC-BaiduScholar FG-0, 2018.

[14] J. Zou, Y. Deng, Y. Hu, and G. Lin, Measure distance between neutrosophic sets: An evidential approach. Infinite Study, 2018.

[15] R. E. Chuga Quemac, M. E. Gaspar Santos, L. A. Colcha Ramos, and C. P. Cisneros Zúñiga, “Neutrosophic Analytic Hierarchy Process for the Analysis of Innovation in Latin America,” Neutrosophic Sets Syst., vol. 44, no. 1, p. 45, 2021.

[16] J. Ye, “A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets.,” J. Intell. Fuzzy Syst., vol. 26, no. 5, pp. 2459–2466, 2014.

[17] S. I. Abdel-Aal, M. M. A. Abd-Ellatif, and M. M. Hassan, “Two Ranking Methods of Single Valued Triangular Neutrosophic Numbers to Rank and Evaluate Information Systems Quality.,” Neutrosophic Sets Syst., vol. 19 SRC-, pp. 132–141, 2018.

[18] S. J. L. Baque, “Limites en la Atención a Discapacitados Intelectuales y Psicosociales en la actividad notarial en Ecuador,” USFQ Law Rev., vol. 8, no. 2, pp. 15–41, 2021.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

[19] R. E. Meléndez Rojas, “Las políticas públicas en materia de discapacidad en América Latina y su garantía de acceso a una educación inclusiva de calidad,” Actual. Investig. en Educ., vol. 19, no. 2, pp. 291–319, 2019.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/