



Toma de decisiones empleando números SVN

Decision making using SVN numbers

Maikel Leyva Vázquez

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil Ecuador. Email: mleyvaz@gmail.com

Abstract: Decision-making methods in the presence of indetermination are becoming increasingly important. This work presents general frameworks for decision-making and evaluation. Additionally, different aggregation models are presented. The SVN numbers and the Euclidean distance are used for the neutrality treatment as well as the scoring and accuracy functions to evaluate alternatives. Different illustrative examples for demonstrating the applicability of the proposal are presented

Keywords: decision making, evaluation, neutrosophy, SVN numbers, aggregation operator

Introducción

La toma de decisiones ha sido abordada históricamente por múltiples disciplinas desde las clásicas como la filosofía, estadística, matemática y economía, hasta más recientes como la inteligencia artificial [1, 2]. Las teorías y modelos desarrollados apuntan al soporte racional para la toma de decisiones complejas [1]. Incluyen actividades típicas tales como [3, 4]:

Definir el problema de toma de decisiones.

Analizar el problema e identificar alternativas de solución $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ($n \geq 2$).

Establecer criterio(s) de evaluación.

Seleccionar experto(s).

Evaluar alternativas.

Ordenar y seleccionar la mejor alternativa.

Implementarla y hacer el seguimiento.

Cuando el número de criterios cumplen que $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ ($m \geq 2$) se considera un problema de toma de decisión multicriterio [2, 5-13]. Cuando el número de expertos es tal que $K = \{k_1, k_1, \dots, k_n\}$ ($n \geq 2$) se considera un problema de toma de decisiones en grupo [14-22].



Figura 1. Proceso para la solución de un problema de toma de decisiones [3].

Según el ambiente de decisión los problemas de toma de decisiones pueden ser clasificados en tres situaciones o ambientes de decisión [1, 4]:

Ambiente de certidumbre: Son conocidos con exactitud los elementos y/o factores que intervienen en el problema. Se le puede asignar un valor exacto de utilidad a las alternativas involucradas.

Ambiente de riesgo: Alguno(s) de los elementos o factores que intervienen están sujetos al azar. Usualmente son resueltos asignando probabilidades a las alternativas según la Teoría de las Probabilidades.

Ambiente de incertidumbre: La información disponible es vaga o imprecisa generalmente asociada a apreciaciones sensoriales o subjetivas de los expertos.

En la Figura 2 se muestra el esquema de un proceso de toma de decisiones [23].

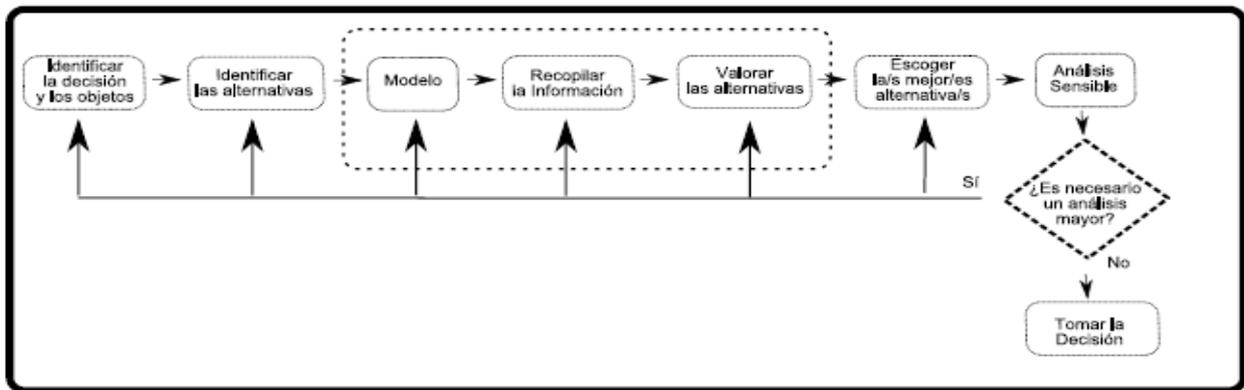


Figura 2. Esquema de un proceso de toma de decisiones[24].

En el presente trabajo se abordarán con las actividades resaltadas (Modelo, Recopilar información, valorar alternativas)

Adicionalmente Para la obtención de las valoraciones de los expertos en los modelos de evaluación se propone el empleo de números neutrosóficos de valor único (SVN por sus siglas en inglés)[25, 26].

2. Agregación de la información

La fusión de la información consiste en el proceso de combinar distintos datos brindando una única salida y presentan múltiples aplicaciones especialmente en la toma de decisiones. Los operadores de agregación son un tipo de función matemática empleada con el propósito de fusionar la información. Combinan n valores en un dominio D y devuelven un valor en ese mismo dominio [27].

Algunos de los operadores de agregación más empleados son los siguientes:

Media ponderada: la media ponderada (WA por sus siglas en inglés) es uno de los operadores de agregación más mencionados en la literatura. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V , con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, teniendo la siguiente forma:

$$WA(a_1, \dots, a_n) = \sum_1^n v_i a_i \quad (1)$$

donde v_i representa la importancia/relevancia de la fuente de datos a_i .

Familia de operadores OWA [28]: este método unifica los criterios clásicos de decisión con incertidumbre en un solo modelo. Esta unificación comprende los criterios optimista, el pesimista, el de Laplace y el de Hurwicz en una sola expresión [29].

Un operador OWA es una función $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n tal que los componentes satisfacen:

$$w_{ij} \in [0, 1] \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \tag{3}$$

y

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \tag{4}$$

donde b_j es el j -ésimo más grande de los a_j

Existen formulaciones de operadores de agregación que generalizan el operador OWA y WA. De esta forma, se puede ponderar las variables según el grado de importancia/relevancia, y al mismo tiempo se puede sobrevalorar o infravalorar la información según el grado de optimismo del decisor. Dentro las formulaciones que lo permiten se encuentran el weighted OWA (WOWA) [30] y el ordered weighted averaging weighted averaging (OWAWA) operator [29].

Estos operadores permiten la agregación de un conjunto de valores utilizando dos vectores de pesos. Uno corresponde al vector del operador WA y el otro corresponde a los pesos en el operador OWA. El OWAWA además de unificar los operadores OWA y WA, permite reflejar en qué grado se quiere considerar cada uno de ellos.

Un operador OWAWA [29] es una función $OWAWA: R^n \rightarrow R$ de dimensión n si tiene un vector de ponderaciones W asociado, con $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ y $w_j \in [0, 1]$ tal que:

$$OWAWA(a_1, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n \hat{v}_j b_j \tag{5}$$

donde b_j es el j -ésimo más grande de los a_i , cada argumento a_i tiene asociada una ponderación v_i con $\sum_{i=1}^n v_i$ y $v_j \in [0, 1]$, $\hat{v}_j = \beta w_j + (1 - \beta)v_j$ con $\beta \in [0, 1]$ y v_j es la ponderación v_i ordenada según b_j , es decir, según el j -ésimo más grande de los a_i .

En el caso de los operadores de agregación para números SVN[31, 32] se destacan dos operadores. El primero es la media ponderada neutrosófica de valor único (SVNWA) propuesto por Ye [33] y definido de la siguiente forma[34]:

$$F_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = \langle 1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_{A_j}(x))^{w_j}, \prod_{j=1}^n (I_{A_j}(x))^{w_j}, \prod_{j=1}^n (F_{A_j}(x))^{w_j} \rangle \tag{6}$$

donde $W = (w_1, w_1, \dots, w_n)$ es el vector de peso de los A_j ($j = 1, 2, \dots, n$) tal que, $w_n \in [0, 1]$ y

$$\sum_j^n w_j = 1.$$

Por otra parte operador media neutrosófica geométrica ponderada neutrosófica de valor unico (G_w) [33] :

$$G_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = \langle 1 - \prod_{j=1}^n T_{A_j}(x)^{w_j}, \prod_{j=1}^n I_{A_j}(x)^{w_j}, \prod_{j=1}^n I_{A_j}(x)^{w_j} \rangle \tag{7}$$

donde $W = (w_1, w_1, \dots, w_n)$ es vector de peso de A_j ($j = 1, 2, \dots, n$), $w_n \in [0, 1]$ y $\sum_j^n w_j = 1$.

3. Modelo propuesto basado en la distancia al ideal

A continuación, se presenta el flujo de trabajo propuesto (Figura 3). Se representan los términos lingüísticos[35] y la indeterminación mediante números SVN y basado en la construcción de una opción ideal.

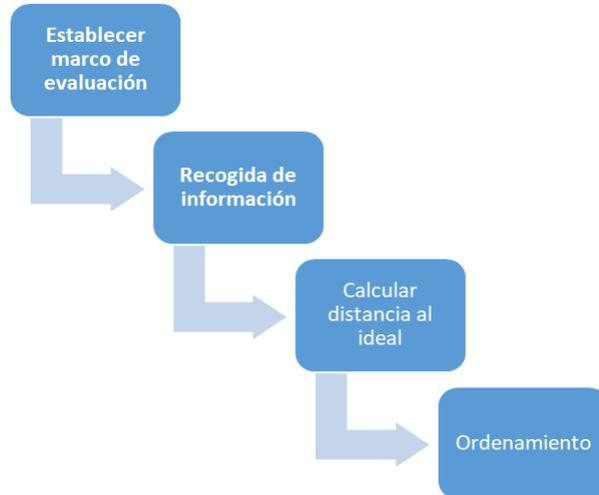


Figura 3. Modelo propuesto.

La descripción detallada de cada una de sus actividades y del modelo matemático que soporta la propuesta se presenta a continuación.

Establecer marco de evaluación: Se seleccionan los criterios y las alternativas a ser evaluados con el fin de priorizar estos últimos. El marco de trabajo queda definido de la siguiente forma:

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ con $n \geq 2$, un conjunto de criterios

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ con $k \geq 1$, un conjunto de expertos

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ con $m \geq 2$, un conjunto finito de alternativas

Recogida de información: Se obtiene información sobre las preferencias de los decisores. El vector de utilidad [36] es representado de la siguiente forma:

$P_j = \{p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jk}\}$, donde p_{jk} es la preferencia en relación a la al criterio c_k de la alternativa X_j

Las valoraciones serán dadas mediante números SVN.

Calcular distancia al ideal: Para evaluar las alternativas proponemos construir la opción ideal[26]. Los criterios pueden ser clasificados como de tipo costo o tipo beneficios. Sea C^+ el conjunto de criterios tipo beneficios y C^- de criterios tipo costo. La alternativa ideal sea definida de la siguiente forma:

$$I = \left\{ \left(\max_{i=1}^k T_{U_j} | j \in C^+, \min_{i=1}^k T_{U_j} | j \in C^- \right), \left(\min_{i=1}^k I_{U_j} | j \in C^+, \max_{i=1}^k I_{U_j} | j \in C^- \right), \left(\min_{i=1}^k F_{U_j} | j \in C^+, \max_{i=1}^k F_{U_j} | j \in C^- \right) \right\} = [v_1, v_2, \dots, v_n] \tag{8}$$

y ordenar las alternativas empleando la distancia euclidiana entre números neutrosóficos de valor único (SVN por sus siglas en inglés)[25, 26].

Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, \dots, A_n^*)$ sea un vector de números SVN tal que $A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)_{j=(1,2, \dots, n)}$ y $B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ ($i = 1, 2, \dots, m$) sea m vectores de n SVN números tal que $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, m$),

($j = 1, 2, \dots, n$) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta[26]:

$$s_i = \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (|a_{ij} - a_j^*|)^2 + (|b_{ij} - b_j^*|)^2 + (|c_{ij} - c_j^*|)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

($i = 1, 2, \dots, m$)

Ordenamiento: El ordenamiento ocurre de menor a mayor a partir del valor global de distancia obtenido. En la medida en que la alternativa de A_i se encuentra más próximo al punto ideal (S_i menor) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas [37].

4. Ejemplo demostrativo 1.

A continuación, se presenta un ejemplo demostrativo. En la etapa de establecimiento del marco de evaluación se selecciona el dominio en que será verbalizada la información.

Se emplean los siguientes términos lingüísticos (Tabla 1).

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8, 0.15, 0.20)
Buena (B)	(0.70, 0.25, 0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60, 0.35, 0.40)
Media (M)	(0.50, 0.50, 0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40, 0.65, 0.60)
Mala (MA)	(0.30, 0.75, 0.70)
Muy mala (MM)	(0.20, 0.85, 0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10, 0.90, 0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0, 1, 1)

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [26].

Se procede a evaluar 3 competencias fundamentales (criterios) en 3 estudiantes (alternativas).

C_1 : Analizar, identificar y definir los requisitos que debe cumplir un sistema informático para resolver problemas o conseguir objetivos de organizaciones y personas.

C_2 : Administrar Bases de Datos por medio de un Sistema Gestores de Base de Datos (SGBD).

C_3 : Planear y administrar proyectos de desarrollo de software.

Una vez establecido el marco de priorización se pasa a la obtención de la información.

Tabla 2: Preferencias dadas por los expertos

Maikel Leyva Vázquez. Toma de decisiones empleando números SVN

	x_1	x_2	x_3
c_1	MDB	M	MMB
c_2	B	MMB	B
c_3	B	MDM	MB

A partir de esta información se selecciona la alternativa ideal. La alternativa ideal resulta:

$$E^+ = (\text{MMB}, \text{MMB}, \text{MB})$$

Los resultados del cálculo de las distancias nos permiten ordenar los estudiantes de acuerdo al logro de las competencias.

En este caso el orden de prioridad es el siguiente $x_3 \succ x_1 \succ x_2$

Tabla 3 Cálculo de la distancia

Estudiante	Distancia
x1	0.35355339
x2	0.59160798
x3	0.18484228

. 5 Modelo propuesto basado en la agregación de la información

A continuación, se presenta el flujo de trabajo propuesto (Figura 1). Se representan los términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN y basado en la agregación de la información.

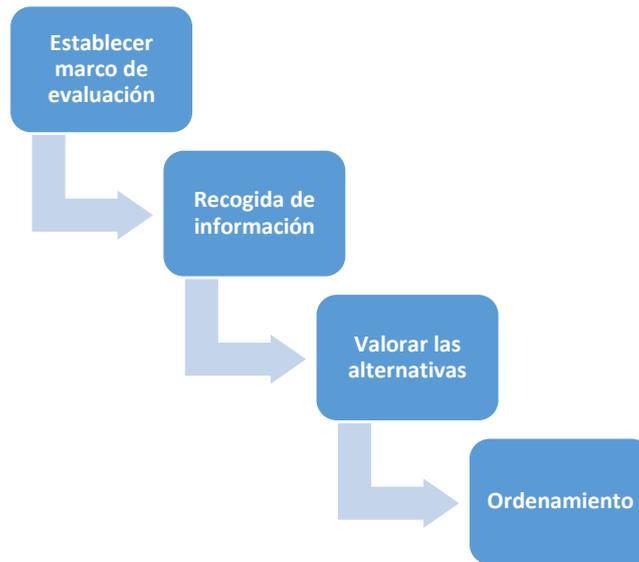


Figura 4: Modelo propuesto

La descripción detallada de cada una de sus actividades y del modelo matemático que soporta la propuesta se presenta a continuación.

Establecer marco de evaluación: Se seleccionan los criterios y las alternativas a ser evaluados con el fin de priorizar estos últimos. El marco de trabajo queda definido de la siguiente forma:

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ con $n \geq 2$, un conjunto de criterios

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ con $k \geq 1$, un conjunto de expertos

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ con $m \geq 2$, un conjunto finito de alternativas

Recogida de información: Se obtiene información sobre las preferencias de los decisores. El vector de utilidad [36] es representado de la siguiente forma:

$P_j = \{p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jk}\}$, donde p_{jk} es la preferencia en relación a la al criterio C_k de la alternativa X_j

Las valoraciones serán dadas mediante números SVN.

Valorar las alternativas: Para evaluar las alternativas proponemos construir la se emplean los operadores de agregación.

y ordenar las alternativas: En esta fase de las alternativas se clasifican y la más conveniente es elegida por la función de puntuación [38, 39]. De acuerdo con las funciones de puntuación y precisión para conjuntos SVN-sets, se puede generar un orden de clasificación del conjunto de alternativas [40]. Seleccionar la (s) opción (es) con puntajes más altos.

Para ordenar alternativas se usa una función de puntuación [41]

$$s(V_j) = 2 + T_j - F_j - I_j \tag{10}$$

Adicionalmente se define la función de precisión de la siguiente forma:

$$a(V_j) = T_j - F_j \tag{11}$$

y entonces:

Si $s(V_j) < s(V_i)$, entonces V_j es menor que V_i , denotado como $V_j < V_i$

En caso de $s(V_j) = s(V_i)$

Si $a(V_j) < a(V_i)$, entonces V_j es menor V_i , denotado por $V_j < V_i$

Si $a(V_j) = a(V_i)$, entonces V_j y V_i son iguales, denotado por $V_j = V_i$

6. Ejemplo demostrativo 2

En este caso el marco de evaluación está compuesto por un experto evaluando 3 alternativas (Proyectos de implantación de tecnología de la información).

x1: CRM

x2: ERP

x3: BI

Los proyectos son descritos en la siguiente tabla.

Id	Nombre	Descripción
1	CRM.	Sistema de relaciones con los clientes
2	ERP	Sistema de planificación de recursos empresariales
3	BI	Sistema de inteligencia de negocios

Tabla 4 Opciones de proyectos

3 criterios intervienen tal como se muestra debajo:

c1: Beneficios

c2: Factibilidad

c3: Costos

Se emplean los siguientes términos lingüísticos (Tabla 5).

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Tabla 5: Términos lingüísticos empleados [26].

Una vez que se establece el marco de evaluación se procede a la recogida de información (ver Tabla 6).

	x1	x2	x3
c1	MDB	EB	MB
c2	B	MDB	M
c3	MDB	MDB	B

Tabla 6. Resultados de la recogida de información

En este caso se empleará el siguiente vector de pesos: $W = (0.55, 0.26, 0.19)$.

Se procede a agregar las opiniones de decisores mediante el operador de agregación SVNWA. El resultado de muestra en la Tabla 7.

	Agregación	Función de puntuación	Orden
x1	(0.53, 0.4, 0.56)	1.73	2
x2	(0.43, 0.0, 0.0)	2.43	1
x3	(0.66, 0.52, 0.63)	1.62	3

Tabla 7. Resultados de la evaluación

De acuerdo a la función de puntuación las alternativas quedan ordenadas de la siguiente forma: $x_2 \succ x_1 \succ x_3$.

Implementación mediante Jupyter Notebook

Para la implementación computacional de los modelos de toma de decisiones presentados en el trabajo se recomienda la utilización Jupyter Notebook y el lenguaje Python. Jupyter Notebook es una aplicación web que permite crear y compartir documentos que contienen código fuente, ecuaciones, visualizaciones y texto explicativo tal como se muestra en la figura 8.

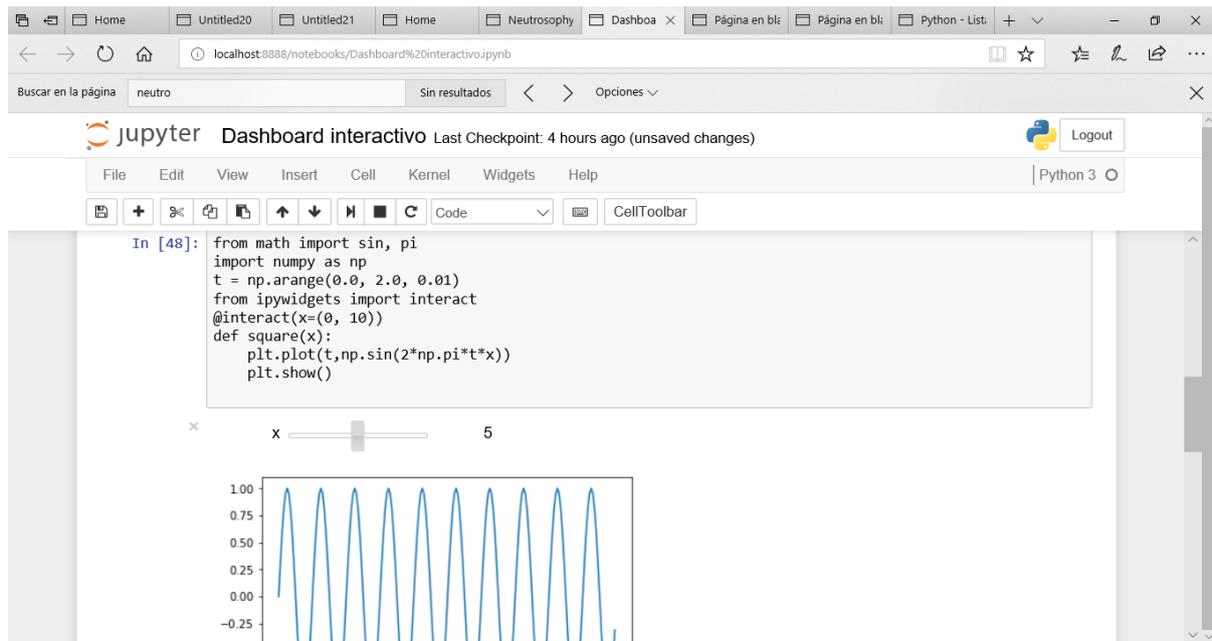


Figura 5.. Interfaz General Jupyter

Jupyter permite interactuar con varios lenguajes de programación, en este, caso usaremos Python, un lenguaje de programación bastante simple y potente, con acceso a una gran variedad de librerías para procesamiento de datos.

Para la instalación se recomienda el empleo de la distribución Anaconda. Anaconda es una distribución de los lenguajes Python y R libre y abierto distribución de código abierto de la Python, utilizada en ciencia de datos, y aprendizaje automático. Se encuentra disponible en le siguiente URL:

- <https://www.anaconda.com/download/>

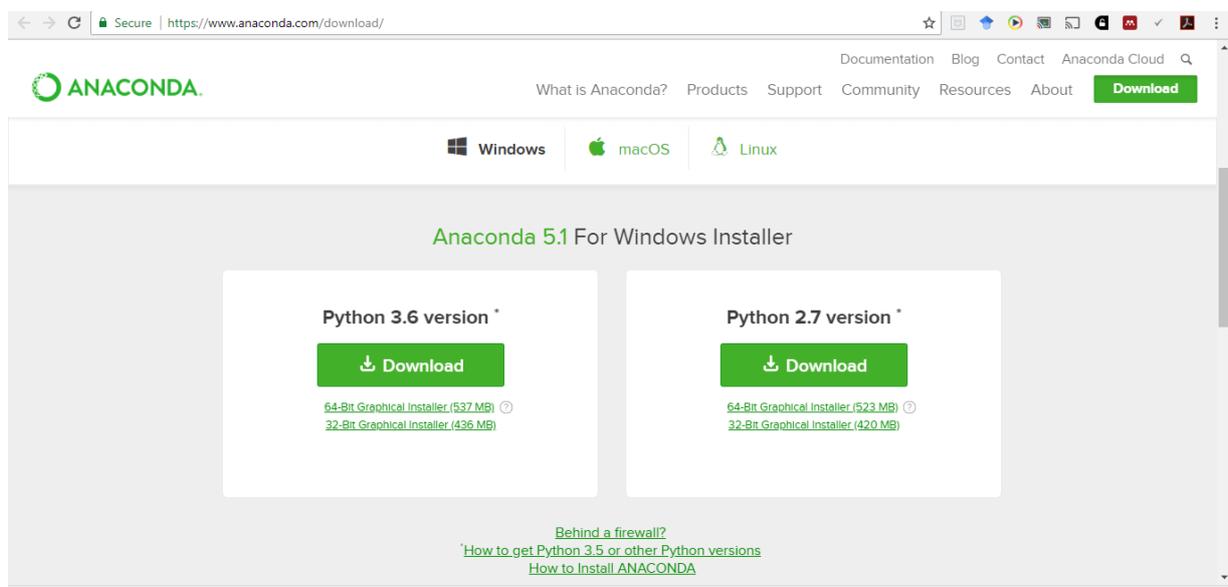


Figura 6 Sitio de descargas de Anaconda

Una vez instalado se puede acceder a los cuadernos de Jupyter. Adicionalmente se puede acceder online en la siguiente dirección:

<http://jupyter.org/try>

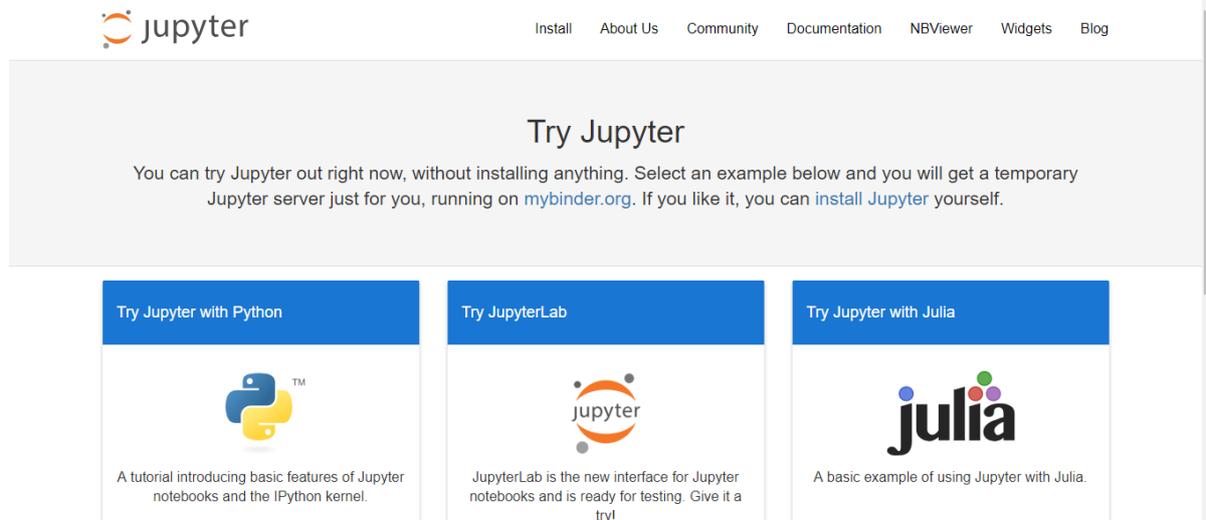


Figura 7. Proyecto Jupyter Online.

Las celdas de código son ejecutables, es decir, se pueden correr individualmente (con ctrl+enter o desde el menú Cell -> Run Cells)

Entre los tipos de datos incluidos en el lenguaje Python recomendados se destacan las listas. Python tiene soporte para listas como un tipo predefinido del lenguaje. Para crear una lista basta con poner cosas entre [] (corchetes) y separarlas con ,(comas).

```
In [10]: print("- Lista con 5 números:")
a=[57,45,8,13, 35] # una lista con cinco números
print(a)

- Lista con 5 números:
[57, 45, 8, 13, 35]
```

Figura 8 Ejemplo de empleo de listas

Otro tipo de dato destacado son las tuplas. Estas funcionan como unas listas de sólo lectura. Se crean con () (paréntesis) en lugar de [] (corchetes).

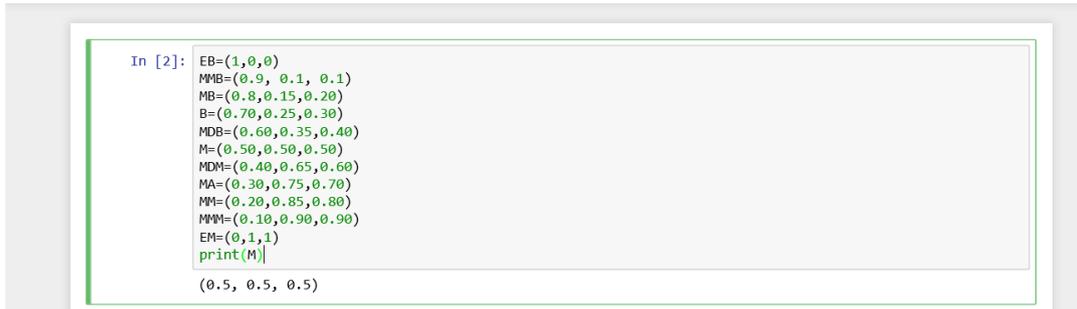
```
In [11]: a=(1,2,57,4, 3)
print("- Una tupla de cinco elementos:")
print(a)
print("- El elemento con índice 3:")
print(a[3])

- Una tupla de cinco elementos:
(1, 2, 57, 4, 3)
- El elemento con índice 3:
4
```

Figura 9 Ejemplo de empleo de tuplas

En el caso de los SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, puede ser representados mediante tuplas. Por ejemplo, el conjunto de términos lingüísticos presentado anteriormente puede ser representado mediante tuplas de la siguiente forma:

Maikel Leyva Vázquez. Toma de decisiones empleando números SVN



```
In [2]: EB=(1,0,0)
MMB=(0.9, 0.1, 0.1)
MB=(0.8,0.15,0.20)
B=(0.70,0.25,0.30)
MDB=(0.60,0.35,0.40)
M=(0.50,0.50,0.50)
MDN=(0.40,0.65,0.60)
MA=(0.30,0.75,0.70)
MPI=(0.20,0.85,0.80)
MPM=(0.10,0.90,0.90)
EM=(0,1,1)
print(M)

(0.5, 0.5, 0.5)
```

Figura 10 Representación de los términos lingüísticos mediante tuplas.

Para más detalles en la implementación de los modelos presentados acceder a la URL: <https://gist.github.com/mleyvaz/d54283a99ecb69ab24439c4af9cd2d96>

Conclusiones

Los métodos de toma de decisiones en presencia de indeterminación adquieren cada día mayor importancia. En este trabajo se presentaron marcos de trabajo generales para la toma de decisiones y la evaluación. Se presentaron distintos modelos de agregación. Se emplean los números SVN y la distancia euclidiana para el tratamiento de la neutralidad y la funciones de puntuación y precisión para evaluar alternativas.

Como trabajos futuros se plantea la incorporación al método operadores de agregación que permitan expresar importancia y compensación. Otros temas de trabajo futuro están en el empleo de la neutrosofía a nuevos modelos de decisión. Adicionalmente se pretende el desarrollo de una aplicación informática como soporte al modelo.

Referencias

1. Mata, F., Modelos para Sistemas de Apoyo al Consenso en Problemas de Toma de Decisión en Grupo definidos en Contextos Lingüísticos Multigranulares. 2006, Doctoral Thesis.
2. Barberis, G.F. and M.C.E. Ródenas, La Ayuda a la Decisión Multicriterio: orígenes, evolución y situación actual, in VI Congreso Internacional de Historia de la Estadística y de la Probabilidad. . 2011: Valencia.
3. Herrera, F., et al., Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects. 2009, Springer. p. 337-364.
4. Leyva-Vázquez, M., Modelo de Ayuda a la Toma de Decisiones Basado en Mapas Cognitivos Difusos. 2013, UCI: La Habana.
5. Aznar, J. and F. Guijarro, Nuevos métodos de Valoración. Valoración multicriterio. 1ra Edición ed. 2005, Valencia, España.
6. El-Gallad, A.I. and M.E. El-Hawary. A Swarm Optimizer Based on Multi-Criterion Decision Making, part I: Theoretical investigation. in Power Engineering, 2006 Large Engineering Systems Conference on. 20067. El-Gallad, A.I. and M.E. El-Hawary. A Swarm Optimizer Based on Multi-Criterion Decision Making, Part II: Case Study. in Electrical and Computer Engineering, 2007. CCECE 2007. Canadian Conference on. 2007.
8. Martínez, E. and M. Escudey, Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias. 1998: UNESCO.
9. Vitoriano, B., TEORÍA DE LA DECISIÓN: Decisión con Incertidumbre, Decisión Multicriterio y Teoría de Juegos. 2007.
10. Cho, K.T., Multicriteria decision methods: an attempt to evaluate and unify. Mathematical and computer modelling, 2003. 37(9): p. 1099-1119.
11. Hendriks, M.M.W.B., et al., Multicriteria decision making. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 1992. 16(3): p. 175-191.
12. Munier, N., A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision-making: A Guide for Simple and Complex Environmental Projects. 2011: Springer.
13. Salmeron, J.L. and C. Lopez, A multicriteria approach for risks assessment in ERP maintenance. Journal of Systems and Software.83(10): p. 1941-1953.
14. Herrera, F., L. Martínez, and P.J. Sánchez, Managing non-homogeneous information in group decision making. European Journal of Operational Research, 2005. 166(1): p. 115-132.
15. Khan, M.S. and M. Quaddus, Group Decision Support Using Fuzzy Cognitive Maps for Causal Reasoning. Group Decision and

- Negotiation, 2004. 13(5): p. 463-480.
16. Riveccio, U., Neutrosophic logics: Prospects and problems. *Fuzzy Sets and Systems*, 2008. 159(14): p. 1860-1868.
 17. Lai, V.S., B.K. Wong, and W. Cheung, Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, 2002. 137(1): p. 134-144.
 18. Mata, F., L. Martínez, and E. Herrera-Viedma, An adaptive consensus support model for group decision-making problems in a multigranular fuzzy linguistic context. *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 2009. 17(2): p. 279-290.
 19. Mehrjerdi, Y.Z., Group decision making process for RFID-based system selection using fuzzy TOPSIS approach. *Artificial Intelligence Research*, 2013. 2(3): p. p1.
 20. Saaty, T.L., *Group decision making and the AHP. The analytic hierarchy process: applications and studies*, 1989: p. 59-67.
 21. Shih, H.-S., H.-J. Shyr, and E.S. Lee, An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and computer modelling*, 2007. 45(7): p. 801-813.
 22. Leyva Vázquez, M.Y., et al., Mapas cognitivos difusos para la selección de proyectos de tecnologías de la información. *Contaduría y Administración*, 2013. 58: p. 95-117.
 23. Clemen, R.T., *Making hard decisions: an introduction to decision analysis*. 1996: Duxbury Pres.
 24. Espinilla Estévez, M., *Nuevos modelos de evaluación sensorial con información lingüística*, in Departamento de Informática. 2009, Universidad de Jaén: Jaen.
 25. Ye, J., Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method. *Journal of intelligent Systems*, 2014. 23(3): p. 311-324.
 26. Şahin, R. and M. Yiğider, A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection. *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.
 27. Torra, V. and Y. Narukawa, *Modeling decisions: information fusion and aggregation operators*. 2007: Springer.
 28. Yager, R.R., On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 1988. 18(1): p. 183-190.
 29. Merigó, J., New extensions to the OWA operators and its application in decision making, in Department of Business Administration, University of Barcelona. 2008.
 30. Torra, V., The weighted OWA operator. *International Journal of Intelligent Systems*, 1997. 12(2): p. 153-166.
 31. Henríquez Antepara, E.J., et al., Competencies evaluation based on single valued neutrosophic numbers and decision analysis schema. *Neutrosophic Sets & Systems*, 2017.
 32. Vera, P.J.M. and C.F.L.M. Vázquez, Las habilidades del marketing como determinantes que sustentaran la competitividad de la Industria del arroz en el can-tón Yaguachi. Aplicación de los números SVN a la prioriza-ción de estrategias. *Marketing skills as determinants that underpin the competi. Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 14/2016: A Quarterly International Journal in Information Science and Engineering, 2016: p. 70.
 33. Ye, J., A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2014. 26(5): p. 2459-2466.
 34. Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. *Neural computing and Applications*, 2016. 27(3): p. 727-737.
 35. Pérez-Teruel, K., M. Leyva-Vázquez, and M. Espinilla-Estevez. A linguistic software requirement prioritization model with heterogeneous information. in 4th International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support (EUREKA 2013), Mazatlán (Mexico). 2013.
 36. Espinilla, M., et al., A 360-degree performance appraisal model dealing with heterogeneous information and dependent criteria. *Information Sciences*, 2012.
 37. Leyva-Vázquez, M., et al., Técnicas para la representación del conocimiento causal: un estudio de caso en Informática Médica. *Revista Cubana de información en ciencias de la salud*, 2013. 24(1): p. 73-83.
 38. Liu, P. and H. Li, Multiple attribute decision-making method based on some normal neutrosophic Bonferroni mean operators. *Neural Computing and Applications*, 2017. 28(1): p. 179-194.
 39. Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, Value and ambiguity index based ranking method of single-valued trapezoidal neutrosophic numbers and its application to multi-attribute decision making. *Neutrosophic Sets and Systems*, 2016. 12(unknown): p. 127-137.
 40. Liu, P. and F. Teng, Multiple attribute decision making method based on normal neutrosophic generalized weighted power averaging operator. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 2018. 9(2): p. 281-293.
 41. Deli, I., Linear weighted averaging method on SVN-sets and its sensitivity analysis based on multi-attribute decision making problems. 2015.