

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Soluciones Informáticas
Recibido: 12/01/18 | Aceptado: 10/03/18 | Publicado: 30/03/18

Factibilidad social de proyectos de software en la toma de decisiones mediante la computación con palabras

Social Feasibility on software projects using Computing With Words

Yadira García García¹, Marieta Peña Abreu¹, Yanet Pérez Várcacel¹, Carlos Rafael Rodríguez Rodríguez¹

¹Universidad de las Ciencias Informáticas, yperezva@uci.cu, yggarcia@uci.cu, mpabreu@uci.cu, crodriguezr@uci.cu

* Autor para correspondencia: yperezva@uci.cu.

Resumen

El estudio de factibilidad de un proyecto ayuda a determinar cuan factible es su ejecución antes de dar comienzo al mismo, estableciendo un conjunto de indicadores que aseguren una correcta toma de decisiones. Existen diferentes factores que determinan la factibilidad de un proyecto, los cuales están dados fundamentalmente por la evaluación de criterios técnicos, económicos, comerciales, operativos, medioambientales y sociales. En el desarrollo de software los estudios de factibilidad han estado más enfocados a la evaluación de criterios técnicos, económicos y comerciales, haciendo poco énfasis en los criterios sociales, siendo estos fundamentales también para el desarrollo exitoso de un proyecto. La información disponible sobre las diferentes alternativas a evaluar puede ser incompleta, vaga o imprecisa, estando presente la incertidumbre en la información. Para manejar la incertidumbre se han utilizado diferentes técnicas de soft computing en disímiles contextos asociados a la toma de decisiones. La computación con palabras actualmente es uno de los paradigmas para el tratamiento de la incertidumbre y la información lingüística. Entre los modelos de computación con palabras existentes se encuentra el modelo lingüístico 2-tuplas, donde el uso de la información lingüística hace más fiable la toma de decisión bajo ambientes de incertidumbre. Al concluir la investigación se recopilan elementos de relevancia sobre la necesidad de realizar estudios de factibilidad social en proyectos de software teniendo en cuenta el tratamiento de la incertidumbre, y un análisis de las publicaciones más recientes sobre los principales criterios sociales empleados.

Palabras clave: computación con palabras; factibilidad social; incertidumbre; toma de decisiones, 2-tuplas

Abstract

The feasibility study of a project helps to determine how feasible is its execution before starting it, establishing a set of indicators that ensure a correct decision making. There are different factors that determine the feasibility of a project, which are mainly given by the evaluation of technical, economic, commercial, operational, environmental and social criteria. In software development, feasibility studies have been more focused on the evaluation of technical, economic and commercial criteria, with little emphasis on social criteria, which are also fundamental for the successful development of a project. The information available on the different alternatives to be evaluated may be incomplete, vague or imprecise, with uncertainty in the information present. To handle the uncertainty, different softcomputing techniques have been used in different contexts associated with decision making. Computing with Words is currently one of the paradigms for the treatment of uncertainty and linguistic information. Among the computer models with existing words is the 2-tuple linguistic model, where the use of linguistic information makes decision making more reliable under uncertainty environments. At the conclusion of the research, relevant elements are collected on the need to carry out social feasibility studies in software projects taking into account the treatment of uncertainty, and an analysis of the most recent publications on the main social criteria used.

Keywords: *computing with words; decision making; social feasibility; uncertainty; 2-tuples*

Introducción

El estudio de factibilidad de un proyecto de inversión ayuda a determinar cuan factible es su realización, estableciendo un conjunto de indicadores que aseguren una correcta toma de decisiones. Este es el paso más crítico antes de convertir la idea del negocio en realidad e invertir una cantidad de dinero significativa (Vega, 2015). Existen diferentes factores que determinan la factibilidad de un proyecto y deben ser analizados antes de comenzar su ejecución. Estos factores están dados fundamentalmente por la evaluación de criterios técnicos, económicos, comerciales, operativos, medioambientales y sociales (Miranda) (Almaguer, 2009) (VIVALLO).

La necesidad del perfeccionamiento de los procesos ha conllevado al avance continuo de la ciencia y la tecnología, y consigo el desarrollo de soluciones que informaticen los procesos de la sociedad actual; lo que trae un aumento en la cantidad de proyectos en el mundo del software. Equivalente a cualquier proyecto de inversión, para desarrollar un producto informático, resulta necesario destinar esfuerzos y recursos. Por tanto, para lograr el éxito de un producto eficiente y con calidad es necesario de igual forma realizar estudios de factibilidad antes de iniciar su ciclo de vida. Según estudios realizados, en el mundo del desarrollo de software los estudios de factibilidad han estado más enfocados a la evaluación de criterios técnicos, económicos y comerciales (Hernández, 2010) (Hernández, 2010) (Abreu, 2012) (Castro, 2010) (Tamayo, 2010), en tanto se olvidan los criterios sociales, siendo estos también de vital importancia en el éxito de los proyectos.

Tradicionalmente estos criterios han sido evaluados mediante métodos tradicionales, por expertos en el tema, que toman la decisión final a partir del análisis de los resultados. La información disponible sobre las distintas alternativas a evaluar puede ser incompleta, vaga o imprecisa, estando presente la incertidumbre en la información. Esta incertidumbre está dada en el intento de modelar la imprecisión propia del comportamiento humano o la inherente a ciertos fenómenos que por su naturaleza son inciertos (Veliz, 2014), lo que implica que la evaluación asignada a cada alternativa tenga que ser valorada de forma cualitativa.

Para manejar la incertidumbre disímiles autores han utilizado diferentes técnicas de softcomputing en diversos contextos, las cuales proponen resolver problemas asociados a la toma de decisiones (Abreu, 2012)(Pérez, 2011) (Domínguez, 2010)(García, y otros, 2013)(Estrella, y otros, 2014)(Cabrerizo, y otros, 2014)(Liu, y otros, 2010) (Felix-Benjamín, y otros, 2015) (Martínez, 2010). La computación con palabras (CWW, del inglés Computing WithWords) actualmente es uno de los paradigmas para el tratamiento de la incertidumbre y la información lingüística (Martínez, 2010). Entre los modelos existentes para realizar procesos de CWW se encuentra el modelo lingüístico 2-tuplas, donde el uso de la información lingüística hace más fiable los modelos decisionales bajo ambientes de incertidumbre. Este modelo se ha utilizado en la solución de problemas en diferentes áreas como la valoración de empresas (Cuervo, y otros, 2005), la evaluación de los riesgos (Velazco, 2015) (Liu, y otros, 2010) y la evaluación del impacto de la capacitación (Felix-Benjamín, y otros, 2015).

En los estudios de factibilidad de proyectos de software se han propuesto modelos y métodos de evaluación para decidir su aceptación (Castro, 2010) (Palenzuela, 2013), pero en estos no se tiene en cuenta la incertidumbre presente en las valoraciones de los expertos. En (Abreu, 2012)(Abreu, y otros, 2016) se realiza un tratamiento de la incertidumbre mediante el modelo lingüístico 2-tuplas fundamentalmente en la evaluación de criterios técnicos, económicos y comerciales, y en menor medida en criterios sociales.

La evaluación social de un proyecto consiste en identificar, medir y valorar los costos y beneficios sociales que su ejecución provoca (Aguilar, y otros, 2011). Esta contribuye al bienestar de la sociedad en su conjunto, por lo que interesa incluir los beneficios y costos que un proyecto específico tiene para la sociedad. El presente trabajo aborda la necesidad de realizar estudios de factibilidad social en proyectos de desarrollo de software.

Materiales y métodos o Metodología computacional

La evaluación social de proyectos de inversión es esencial para el desarrollo de las organizaciones, incidiendo en el cumplimiento de los objetivos estratégicos y contribuyendo al crecimiento económico y social de un país. Esta intenta

analizar el proyecto desde el punto de vista de la sociedad, considerando los efectos positivos o negativos que genera el proyecto como relevantes para su análisis social (Ortegon, y otros, 2005). La selección adecuada de los proyectos a ejecutar en un período determinado es una de las decisiones más difíciles para la alta dirección de cualquier organización. Para ello se utilizan criterios sociales de naturaleza cuantitativas y cualitativas, que permiten evaluar el proyecto teniendo en cuenta los beneficios sociales para las personas y la sociedad en general (Padilla, 2016)(Victore, 2015).

Métodos cuantitativos para la evaluación social

Valor Actual Neto (VANS): el cálculo del Valor Presente Neto o Valor Actual Neto (VANS) estima el valor monetario de los beneficios y costos para la sociedad, atribuibles al proyecto. Los beneficios y los costos del proyecto se distribuirán de manera no uniforme a través del tiempo en forma de flujos monetarios, por lo que será necesario convertir valores futuros en valores presentes equivalentes, descontando esos flujos con una tasa de descuento, la que se denomina tasa social de descuento. El cálculo del valor presente deberá hacerse sobre valores monetarios no afectados por inflación, es decir, sobre valores monetarios expresados en precios de un período base. El cálculo del VAN SOCIAL, o simplemente VANS, se puede representar en la expresión:

$$VANS_0 = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+r^*)^t}$$

$VANS_0$ = Valor Actual Neto o valor presente neto en el año cero.

BN_t = Beneficios Netos, es decir, el valor de los beneficios menos el valor de los costos, en el año t.

r^* = tasa social de descuento.

Un proyecto será aceptado o recomendado favorablemente sí, y solo sí, cuando el VAN SOCIAL resulte positivo. En caso contrario, se trata de un proyecto de inversión cuya ejecución, afectaría negativamente el bienestar de la sociedad (Mesa, 2006).

Razón Beneficio-Costo: Su aplicación requiere la misma información y cálculos elaborados para estimar el VAN Social, estableciendo un coeficiente entre los beneficios sociales actualizados y costos sociales actualizados. Si el coeficiente resultante es mayor que la unidad significará que el VAN Social correspondiente es positivo y si el coeficiente es menor que la unidad el VAN Social será negativo. En consecuencia, la regla de decisión, consistente con el criterio del VAN Social, es que un proyecto será recomendable si el coeficiente o Razón Beneficio-Costo es

mayor que la unidad, en caso contrario el proyecto no será recomendable porque no tiene rentabilidad social positiva (Aguilar, y otros, 2011) (Ortegón, y otros, 2005).

Este indicador no debe ser utilizado para comparar y establecer prioridades entre proyectos, pues solo permite excluir proyectos no convenientes para la sociedad en su conjunto.

Tasa Interna de Retorno Social (TIRS): se define como aquella tasa de descuento que hace cero el valor actual neto de un proyecto. En el caso de la evaluación social, todos los beneficios y costos correspondientes al proyecto deben ser estimados en valores sociales. Obtenido el valor de la TIRS, se compara su valor con el valor de la tasa de interés relevante para la sociedad, la que se denomina la tasa social de descuento. Si la TIRS es mayor que la tasa social de descuento, el proyecto será conveniente para la sociedad y debería recomendarse favorablemente, en caso contrario no tendrá recomendación positiva porque el proyecto no es socialmente rentable. La siguiente expresión presenta la forma de cálculo de la TIRS:

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+\rho)^t} = 0$$

donde:

ρ = tasa interna de retorno real.

Cuando los proyectos tienen un comportamiento irregular en sus flujos, presentando flujos netos con dos o más cambios de signo, el valor presente igual a cero puede ser compatible con más de una TIRS, es decir, matemáticamente se tendría múltiples soluciones.

La aplicación de la tasa interna de retorno ofrece resultados adecuados bajo las condiciones siguientes que deben darse conjuntamente:

- Existencia de proyectos alternativos que no sean mutuamente excluyentes, donde la TIRS sea mayor que la tasa social de descuento (r^*).
- No existan restricciones financieras para un conjunto disponible de proyectos evaluados.
- El flujo de beneficios netos estimado cambie de signo solo una vez a lo largo del periodo de vida del proyecto.

En consecuencia, no se recomienda la utilización exclusiva del criterio de la TIR para la evaluación de proyectos, sino como complemento del VAN Social. Este último criterio no puede ser reemplazado por la TIR Social. Pese a sus limitaciones, la TIR se usa con frecuencia debido a que muchos ámbitos de decisión suelen estar constituidos por personas con distinta formación y experiencia. Dado que este indicador señala el rendimiento en términos de

beneficios netos a obtener por cada unidad monetaria de inversión, no es extraño que se considere como complemento del VANS cuál es la TIRS de la inversión que se está solicitando aprobar. Sin embargo, debe considerarse que no será un indicador adecuado para comparar proyectos ya que tiene validez bajo supuestos muy restrictivos, tal el caso de proyectos repetibles (Ortegón, y otros, 2005).

Método del Ingreso Nacional (CIN): parte del llamado método de los efectos, y propone que en lugar de calcular el VAN o la TIR del proyecto, sea evaluado desde el punto de vista social, considerando el ingreso nacional y no la ganancia. Evalúa cuánto el proyecto incrementa al ingreso nacional, al calcular el Valor Agregado Actualizado Neto (VAAN) para lo cual debe conocerse con precisión la tasa social de descuento. De no conocerse con determinada precisión la tasa social de descuento, el criterio de la TIRS, que implica $VAAN = 0$ (Mesa, 2006) (Cruz, y otros, 2014). El cálculo del Valor Agregado Actualizado Neto se puede expresar de la forma siguiente:

$$VAAN = \sum_{j=1}^n [In_j - (I_j + Is_j + Ir_j)] a_j$$

donde:

In_j = ingresos proyectados año j

I_j = costo de Inversión año j

Is_j = costo proyectado de los insumos materiales y los servicios comprados año j

Ir_j = ingresos repatriados año j

a_j =factor de actualización

n =años de vida útil

Análisis Beneficio-Costo (ABC): similar al método del ingreso nacional, en este se diferencian dos procedimientos según sea el numerario o la unidad monetaria utilizada: precios internos o precios externos (Mesa, 2006) (Cruz, 2014). Consiste en comparar los beneficios de un proyecto con los costos necesarios para llevarlo a la práctica, el indicador utilizado para determinar la rentabilidad del proyecto es el beneficio-costo.

Los criterios cuantitativos para el análisis social tienen como desventaja que se utiliza una tasa social de descuento fija y en ocasiones los precios vigentes en el país no pueden representar el costo social real del proyecto (Ortegón, y otros, 2005) (Mesa, 2006) (Cruz, 2014). Para ser calculados es necesario disponer de toda la información social del proyecto y depende en gran medida de la apreciación de los evaluadores que tienen en muchos casos un carácter subjetivo.

Métodos cualitativos para la evaluación social

Se propone evaluar la arista social en proyectos de software, utilizando criterios y métodos cualitativos. Los criterios cualitativos están dados por todos aquellos que comporten valoraciones de los efectos del proyecto que, por su magnitud, carencia de información o sus particularidades no sean cuantificados. Estos corresponden al grupo de los llamados efectos intangibles del proyecto (Mesa, 2006).

Existen criterios sociales cualitativos para evaluar los proyectos de inversión tales como (Miranda) (Ortegon, y otros, 2005)(Abreu, y otros, 2016):

- Impacto en la sociedad.
- Solución a un problema social.
- Beneficios sociales.
- Impacto en la balanza de pagos.
- Número de personas beneficiadas.
- Riesgos para la vida humana.
- Mejora en el nivel de formación de las personas beneficiadas.

Entre otros criterios.

Para el análisis de factibilidad de proyectos informáticos los criterios sociales tienen especial connotación debido a los múltiples beneficios que el software puede dar a la sociedad. La propuesta realizada por (Rosa, 2005) incluye criterios sociales aplicados a este tipo de proyectos, pero presenta como limitación que el método para su cálculo es basado en matrices de ponderación sin tener en cuenta la incertidumbre en la evaluación.

Computación con palabras

La computación con palabras (CWW) es una técnica sobre la base de la lógica difusa donde las palabras se utilizan en lugar de números (Zadeh, 1996). El modelo lingüístico 2-tuplas se utiliza para realizar procesos de CWW, donde el uso de la información lingüística hace más fiable los modelos decisionales bajo ambientes de incertidumbre.

Modelo lingüístico 2-tuplas

Para realizar el análisis de la evaluación social de los proyectos se propone la utilización del modelo lingüístico 2-tuplas. Primeramente, se deben definir los criterios que se van a evaluar, segundo se determinan los pesos asociados a cada uno de los criterios, luego se recopilan las valoraciones de los expertos, seguidamente se realiza la agregación de la evaluación global de cada proyecto y por último se realiza la interpretación de los resultados obtenidos.

Se deben identificar un conjunto de proyectos $P = \{p_j | j \in (1, \dots, n)\}$ los cuales constituyen la entrada al proceso de análisis. En la evaluación de estos criterios interviene un conjunto de experto $E = \{e_i | i \in (1, \dots, m)\}$ que analizan los proyectos. La evaluación de los proyectos se realiza a partir de un conjunto de criterios sociales cualitativos identificados $C = \{c_k | k \in (1, \dots, p)\}$. Estos criterios tendrán diferentes pesos asignados de acuerdo a su importancia en el análisis de los proyectos por lo cual se define un vector de peso $W^c = (W^{c_1}, \dots, W^{c_p})$. Para expresar las preferencias de los expertos se utiliza el vector de utilidad $X = (x_j^{ki}, \dots, x_j^{ki})$, donde x_j^{ki} representa la preferencia del experto e_i sobre el proyecto e_j de acuerdo al criterio. Los expertos podrán emitir sus preferencias a través de valores lingüísticos (S): $x_j^{ki} = s_j^{ki} \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ siendo $g+1$ la cardinalidad del Conjunto de Términos Lingüísticos (CTL) S , es decir, la cantidad de términos de S . Cada término lingüístico si tiene asociada una función de pertenencia $[0;1]$. Como CTL se propone $S = \{\text{Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy Alto}\}$.

Recopilación de las valoraciones de los expertos

Los expertos proveen sus valoraciones a través de vectores de preferencia: $X = (x_j^{ki}, \dots, x_j^{ki})$ que pueden recopilarse como se muestra:

Tabla1. Preferencias de los expertos

Proyectos	Criterios	Expertos		
		e_1	...	e_m
p_1	c_1	x_1^{11}	...	x_1^{1m}

	c_k	x_1^{k1}	...	x_1^{km}
p_2	c_1	x_2^{11}	...	x_2^{1m}

	c_k	x_2^{k1}	...	x_2^{km}
p_n	c_1	x_n^{11}	...	x_n^{1m}

	c_k	x_n^{k1}	...	x_n^{km}

Análisis de los proyectos

Transformación de la entrada en un conjunto difuso:

El conjunto difuso que representa un término lingüístico s_i será en todos 0 excepto en el valor correspondiente al ordinal, i , de la etiqueta lingüística que será uno. Por ejemplo, para la etiqueta Muy Alto, en el CTL, el conjunto difuso que la representa es (0, 0, 0, 0, 1).

Transformación de los conjuntos difusos en 2-tuplas:

El modelo de representación basado en 2-tuplas parte del concepto de traslación simbólica. La traslación simbólica de un término lingüístico es un número valorado en el intervalo [-0.5,0.5) que representa la “diferencia de información” entre una cantidad de información expresada por el valor $\beta \in [0, g]$ obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo $i \in \{0, \dots, g\}$ que indica el índice de la etiqueta lingüística (S_i) más cercana en S . Partiendo de este concepto [30] desarrolla un modelo de representación para la información lingüística que utiliza como base la representación 2-tuplas, (s_a, α_a) , $s_a \in S$ y $\alpha_a \in [-0.5, 0.5)$, - donde: s_a representa la etiqueta lingüística, y α_a es un número que expresa el valor de la distancia desde el resultado original al índice de la etiqueta lingüística más cercana en el conjunto de términos lingüísticos, es decir, su traslación simbólica.

Tomando en consideración estos conceptos se utiliza la siguiente función para transformar los conjuntos difusos ya obtenidos en 2-tuplas lingüísticas (Herrera, y otros, 2005).

$$x(F(S_\tau)) = x(\{(S_j, \gamma_j), j = 0, \dots, g\}) = \frac{\sum_{j=0}^g j \gamma_j}{\sum_{j=0}^g \gamma_j} = \Delta\beta = (s_a, \alpha)$$

Tabla 2. Evaluaciones de los expertos expresados en 2-tuplas

Proyectos	Criterios	Expertos		
		e_1	...	e_m
P_1	c_1	$(s_{\alpha_1}, \alpha_{\alpha_1})_1^{11}$	...	$(s_{\alpha_1}, \alpha_{\alpha_1})_1^{1m}$

	c_k	$(s_{\alpha_1}, \alpha_{\alpha_1})_1^{k1}$	...	$(s_{\alpha_1}, \alpha_{\alpha_1})_1^{km}$
P_2	c_1	$(s_{\alpha_2}, \alpha_{\alpha_2})_2^{11}$	...	$(s_{\alpha_2}, \alpha_{\alpha_2})_2^{1m}$

	c_k	$(s_{\alpha_2}, \alpha_{\alpha_2})_2^{k1}$	...	$(s_{\alpha_2}, \alpha_{\alpha_2})_2^{km}$
P_n	c_1	$(s_{\alpha_n}, \alpha_{\alpha_n})_n^{11}$	...	$(s_{\alpha_n}, \alpha_{\alpha_n})_n^{1m}$

	c_k	$(s_{\alpha_n}, \alpha_{\alpha_n})_n^{k1}$	...	$(s_{\alpha_n}, \alpha_{\alpha_n})_n^{km}$

Agregación:

El modelo de representación de la información lingüística es soportado por un modelo computacional basado en las funciones Δ y Δ^{-1} , que transforman valores numéricos en 2-tuplas y viceversa sin pérdida de información por lo que los operadores de agregación numéricos tradicionales pueden extenderse a 2-tuplas de forma sencilla con el fin de obtener resultados precisos y proporcionar una representación que facilite su interpretación. Estos operadores serán utilizados para obtener el valor colectivo de cada criterio para cada proyecto a partir de la agregación de las evaluaciones de todos los expertos en 2-tuplas y para obtener la factibilidad que tiene cada proyecto a partir de la agregación de las evaluaciones de todos sus criterios.

Operadores de agregación:

Media Aritmética Extendida:

Este operador permite determinar el punto de equilibrio o centro del conjunto de valores. Para un conjunto de 2-tuplas $x = \{(s_1, \alpha_1), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$, la extensión de este operador se obtiene de la siguiente forma:

$$x^{-e}(x) = \Delta\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}((s_i, \alpha_i))\right) = \Delta\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i\right)$$

OWA (OrderedWeightedAveraging):

Este operador fue introducido por (Yager, 1988), es un operador de agregación ponderado, en el cual, los pesos no están asociados a un valor predeterminado sino a una posición determinada. De manera que si se tiene un conjunto de 2-tuplas $x = \{(s_1, \alpha_1), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$ y $W = (w_1, \dots, w_n)$ es su vector de pesos asociado tal que $w_i \in [0,1]$ y $\sum w_i = 1$, la extensión del operador se obtiene como se muestra:

$$OWA(x) = \Delta\left(\sum_{i=1}^n w_i * \beta_i\right)$$

donde β_i es el i-ésimo mayor valor de los $\Delta^{-1}(s_i, \alpha_i)$.

Calcular el valor colectivo de cada criterio para cada proyecto:

Como se pretende manejar las evaluaciones de múltiples expertos, es necesario determinar el valor colectivo de los criterios para cada proyecto. Se asume que todos los expertos tienen el mismo peso en la evaluación. Este valor colectivo se podrá obtener de la siguiente manera:

$$(s_b, \alpha_b)_j^k = \bar{x}^e((s_{a_1}, \alpha_{a_1})_j^{k1}, \dots, (s_{a_m}, \alpha_{a_m})_j^{km})$$

Tabla 3. Valores colectivos de los criterios para cada proyecto

Proyectos	Criterios	Expertos			Valores colectivos x criterios
		e_1	...	e_m	
p_1	c_1	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_1^{11}$	...	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_1^{1m}$	$(s_b, \alpha_b)_1^1$

	c_k	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_1^{k1}$	...	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_1^{km}$	$(s_b, \alpha_b)_1^k$
p_2	c_1	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_2^{11}$	...	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_2^{1m}$	$(s_b, \alpha_b)_2^1$

	c_k	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_2^{k1}$	...	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_2^{km}$	$(s_b, \alpha_b)_2^k$
p_n	c_1	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_n^{11}$	...	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_n^{1m}$	$(s_b, \alpha_b)_n^1$

	c_k	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_n^{k1}$	...	$(s_{\alpha}, \alpha_{\alpha})_n^{km}$	$(s_b, \alpha_b)_n^k$

Calcular factibilidad social de cada proyecto:

Obtenido el valor colectivo de los criterios para cada proyecto, se procede a determinar la factibilidad social de cada proyecto. Teniendo en cuenta el peso de cada criterio (w^{ck}), esta factibilidad se puede obtener como se muestra:

$$(s_c, \alpha_c)_j = \bar{x}^{\#}((s_b, \alpha_b)_j^1, \dots, (s_b, \alpha_b)_j^n)$$

Tabla IV Valores colectivos de los proyectos

Proyectos	Valores colectivos de los proyectos
p_1	$(s_c, \alpha_c)_1$
p_2	$(s_c, \alpha_c)_2$
...	...
p_n	$(s_c, \alpha_c)_n$

Resultados y discusión

Interpretación de los resultados:

Una vez que se tienen los valores de las evaluaciones colectivas de cada uno de los criterios y de cada proyecto, se deben ordenar para poder obtener una adecuada interpretación de los resultados, de modo que los especialistas puedan determinar con facilidad qué proyecto tiene mayor factibilidad social. Para realizar este ordenamiento es necesario utilizar operadores de comparación para 2-tuplas como las presentadas en (Herrera, y otros, 2000). Estos operadores permiten obtener conjuntos ordenados como parte de la solución del problema.

Criterio de comparación de 2-tuplas:

Para las 2-tuplas (s_k, α_1) y (s_l, α_2) que representan dos valoraciones:

- ❖ Si $k > l$ entonces $(s_k, \alpha_1) > (s_l, \alpha_2)$
- ❖ Si $k < l$ entonces $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$
- ❖ Si $k = l$ entonces:
 - Si $\alpha_1 = \alpha_2$ entonces $(s_k, \alpha_1) = (s_l, \alpha_2)$
 - Si $\alpha_1 < \alpha_2$ entonces $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$
 - Si $\alpha_1 > \alpha_2$ entonces $(s_k, \alpha_1) > (s_l, \alpha_2)$

Como resultado de la comparación se debe obtener un listado de los proyectos ordenados según la evaluación de su factibilidad social, luego de haber aplicado el modelo lingüístico 2-tuplas.

Luego de realizado el estudio se propone la aplicación de criterios sociales cualitativos para la evaluación de factibilidad social de proyectos de software, teniendo en cuenta el tratamiento de la incertidumbre, mediante el uso del modelo lingüístico 2-tuplas. En la se muestra una propuesta de criterios a tener en cuenta para la evaluación. Algunos de estos criterios aparecen en (Abreu, y otros, 2016).

Tabla 5. Posibles criterios sociales para la evaluación de factibilidad

Criterios	Descripción
Beneficios sociales	Beneficios de la sociedad con la realización del software.
Impacto en la sociedad	Nivel de impacto del software para la sociedad.
Impacto en la balanza	Impacto de la realización del software sobre la economía de un país.

de pagos	
Número de personas beneficiadas	Cantidad de personas que se benefician con el software.
Riesgos para la vida humana	Nivel del riesgo para la sociedad con la utilización del software.
Mejora en el nivel de formación de las personas beneficiadas	Nivel en el que la utilización del software impacta a la sociedad.
Solución a un problema social	Si el software soluciona un problema social existente.

Se propone la realización de próximos trabajos en esta línea de investigación, con el estudio de otros posibles criterios cualitativos sociales y la profundización de la evaluación de factibilidad social en proyectos de software. Concluidas las futuras investigaciones se recomienda realizar cuasi-experimentos y estudios de casos que validen la investigación con una muestra de proyectos de software reales.

Conclusiones

Finalizada la presente investigación se puede concluir que:

- La evaluación de factibilidad social de proyectos de software es un campo de investigación novedoso, el cual constituye una fuente de incentivos para mejorar la eficiencia y calidad del software y contribuir al crecimiento económico de un país.
- La evaluación de factibilidad social constituye un problema de toma de decisiones que se genera en entornos de incertidumbre.
- Mediante el modelo lingüístico 2-tuplas se trata la incertidumbre presente en las evaluaciones en el análisis de factibilidad social.

Referencias

- Abreu, Marieta Peña. 2012.** *Modelo para análisis de factibilidad en la evaluación de proyectos de software.* 2012.
- Abreu, Marieta Peña, Rodríguez, Carlos Rafael Rodríguez y Pérez, Pedro Yobanis Piñero. 2016.** *Computación con palabras para el análisis de factibilidad de proyectos de software.* 2016.
- Aguiar, Renato y Domingo, Rosario. 2011.** *Evaluación social de proyectos.* 2011.

- Cabrerizo, Francisco Javier, y otros. 2014.** *UN MODELO PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LAS BIBLIOTECAS 2.0 USANDO COMPUTACIÓN CON PALABRAS.* 2014.
- Castro, Maylé Díaz. 2010.** *Método de evaluación de proyectos para decidir su aceptación.* 2010.
- Cuervo, Cristina Mendaña, y otros. 2005.** *LA VALORACIÓN DE EMPRESAS CON INFORMACIÓN LINGÜÍSTICA APLICANDO EXPERTONES Y 2-TUPLAS.* 2005.
- Domínguez, Rosa Ma. Rodríguez. 2010.** *Un Nuevo Modelo para Procesos de Computación con Palabras en Toma de Decisión Lingüística.* 2010.
- Estrella, Francisco Javier, Espinilla, Macarena y Martínez, Luis. 2014.** *FLINTSTONES: UNA SUITE PARA LA TOMA DE DECISIONES LINGÜÍSTICAS BASADA EN 2-TUPLA LINGÜÍSTICAS Y EXTENSIONES.* 2014.
- Evaluación de factibilidad de proyectos de inversión.* **Cruz, A.D, Hidalgo, K.M.E. y Medina, M.Q. 2014.** 2014, Revista Caribeña de Ciencias Sociales.
- Felix-Benjamín, Gerardo, y otros. 2015.** *Aplicación de la computación con palabras en la evaluación del impacto de la capacitación.* .2015.
- García, José Alejandro Lugo, y otros. 2013.** *CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS BASADO EN INDICADORES Y LÓGICA BORROSA.* 2013.
- Herrera, F. y Herrera-Viedma, E. 2000.** *Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information.* s.l. : Fuzzy Sets and Systems, 2000.
- Herrera, F., Martínez, L. y Sánchez, P. J. 2005.** *Managing non-homogeneous information in group decision making.* s.l. : European Journal of Operational Research, 2005.
- Liu, Jun, y otros. 2010.** *Computing with Words in Risk Assessment.* 2010.
- Martínez, L. Martínez y Ruan, D. y Herrera F. 2010.** *Computing with Words in Decision support Systems: An overview on Models and Applications.* 2010. 1875-6891.
- Martínez, L. 1999.** *Un nuevo modelo de representación de información lingüística basado en 2-tuplas para la agregación de preferencias lingüísticas.* España, Universidad de Granada : s.n., 1999.
- Mesa, Gonzalo M. Rodríguez. 2006.** *LA EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.* Tercera Edición. 2006.
- Miranda, Juan José Miranda.** *GESTIÓN DE PROYECTOS. IDENTIFICACIÓN - FORMULACIÓN EVALUACIÓN FINANCIERA –ECONÓMICA – SOCIAL – AMBIENTAL.*
- Ortegon, Edgar, Pacheco, Juan Francisco y Roura, Horacio. 2005.** *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública.* 2005.

P.,A.G.VIVALLO.*FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS. MANUAL PARA ESTUDIANTES.*

Padilla, M.C. 2016.*Formulación y evaluación de proyectos.* s.l. :Ecoe Ediciones, 2016.

Palenzuela, Filiberto López. 2013.*Modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos.* 2013.

Pérez, Elio H. Cables. 2011.*Selección de personal con técnicas de Soft Computing. Propuesta de Desarrollo y de Software.* 2011.

Ramírez Almaguer, Vidal Marrero y Domínguez Rodríguez. 2009.*Etapas del Análisis de Factibilidad. Compendio Bibliográfico.* 2009.

Rolando Alfredo Hernández. 2010.*PROCEDIMIENTO PARA CONTRATAR PROYECTOS INFORMÁTICOS CON ALTA PROBABILIDAD DE ÉXITO TÉCNICO Y COMERCIAL.* La Habana: s.n., 2010.

—. **2010.***Procedimiento para contratar proyectos informáticos.* La Habana: s.n., 2010.

Rosa, Martín. 2005.*Guía Práctica para el Diseño, Administración, y Evaluación de Proyectos Sociales.* 2005.

Tamayo, Karina Sánchez. 2010.*Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones.* 2010.

Vega, José I. 2015.*Los estudios de viabilidad para negocios.* Mayagüez: s.n., 2015.

Velazco, Aylin Estrada. 2015.*Método de análisis cualitativo de riesgos con información heterogénea basado en el Modelo de Representación Lingüística con 2-tuplas.* 2015.

Veliz, Yeleny Zulueta. 2014.*Modelos de evaluación de la importancia del impacto ambiental en contextos complejos bajo incertidumbre.* Cuba : s.n., 2014.

Victore, D.R.D. 2015.*El estudio de factibilidad en el sistema de dirección por proyectos de inversiones en Los estudios de factibilidad en los proyectos de inversión.* La Habana: s.n., 2015.

Yager, R. R. 1988.*On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking.* s.l. : IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1988.

Zadeh, Lotfi A. 1996.*Nacimiento y evolución de la lógica borrosa, el softcomputing y la computación con palabras.* 1996. Vol. 8.