

## Agregación jerárquica para la priorización de requisitos de software

### [ Hierarchical aggregation for software requirement prioritization ]

*Miriam Peña González, Leili Genoveva Lopezdomínguez Rivas, and Sol David Lopezdomínguez Rivas*

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,  
Universidad de Guayaquil,  
Guayaquil, Guayas, Ecuador

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** A key goal of any engineering and software engineering in particular, is the quality of the final product. Software quality is often determined by the ability to meet the needs of customers and end users, as obtained as software requirements. To satisfy that needs is important a correct requirement engineering process in general, and a correct requirement prioritization in particular. Prioritizing software requirements is a complex decision making process. Traditional approaches do not perform aggregation of criteria with sufficient flexibility and adaptability to the specific contexts of organizations. In this paper we propose a requirements prioritization method that uses hierarchical aggregation process for information fusion. The proposal allows the inclusion of aspects such as the importance of the criteria and simultaneity. To demonstrate the applicability of the proposal a case study is developed. The paper ends with further work recommendations for extending the method.

**KEYWORDS:** requirements prioritization, aggregation operators, requirements engineering, WPM.

**RESUMEN:** Una meta fundamental de cualquier ingeniería y en particular la de software en particular, radica en lograr productos de calidad. Para satisfacer estas necesidades resulta importante la realización de una correcta ingeniería de requisitos y especialmente su priorización. La priorización de requisitos de software es un proceso complejo de toma de decisiones. En los modelos existente falta la suficiente flexibilidad y adaptabilidad a los contextos específicos de las organizaciones. En el presente trabajo se propone un método de priorización de requisitos que hace uso de los operadores de agregación de forma jerárquica. La propuesta permite la inclusión de aspectos tales como la importancia de los criterios y la simultaneidad. Un estudio de caso muestra aplicabilidad de la propuesta. El artículo finaliza con propuestas de trabajos futuros que contribuyan a la aplicabilidad del método.

**PALABRAS-CLAVE:** priorización de requisitos, operadores de agregación, WPM, ingeniería de requisitos

## 1 INTRODUCCIÓN

Un objetivo fundamental de cualquier ingeniería y de la ingeniería de software en específico, es la calidad de su producto final. La calidad del software como sistema de información está frecuentemente determinada por la habilidad para satisfacer atributos de calidad basados en la información contenida en las necesidades de los clientes y usuarios finales, obtenidas y especificadas como requisitos de software o derivadas de ellos. Una correcta definición y análisis de los requisitos es uno de los factores que contribuyen al éxito de los proyectos de software [1, 2]. La priorización de requisitos (PR) es un proceso complejo de toma de decisiones mediante el cual se determina que funcionalidades son adecuadas a incluir en cada

liberación del producto software a desarrollar [3]. Ha sido tratada por numerosos autores como una de las actividades con mayores niveles de complejidad en la Ingeniería de Requisitos y fundamental para el éxito de los proyectos [4-14].

Generalmente los proyectos tienen más requisitos candidatos de los que las restricciones en tiempo y costo les permiten implementar. La PR ayuda a identificar el conjunto que son críticos para el éxito del proyecto, los que serán ubicados en las primeras liberaciones, dejando los triviales para entregas más tardías. Esto permite ordenar el conjunto total de requisitos, permitiendo la formación de subconjuntos y su asignación a cada liberación [4].

Un modelo comúnmente usado para la PR incluye los siguientes pasos que pueden ser iterados durante todo el ciclo de vida [4]:

- selección de uno o más criterios de priorización,
- asignación de valores a los criterios seleccionados por parte de uno o más involucrados,
- agregación de los criterios para lograr un orden final de los requisitos.

En las etapas iniciales de un proyecto de desarrollo de software los requisitos generalmente son imprecisos. En la medida en que el proyecto avanza y el entendimiento del producto crece los requisitos se especifican con mayor nivel de detalle. La priorización de requisitos es un proceso que puede hacerse en distintos momentos del ciclo de vida, con requisitos a diferente nivel de abstracción.

Los requisitos son priorizados teniendo en cuenta diferentes variables, impuestas por las necesidades y contexto de las organizaciones. Berander y Andrews [15] definen un conjunto de variables que incluyen importancia, efectos desfavorables, costo, tiempo, riesgo, volatilidad entre otros. Wieger [16] propone un método basado en valor, costo y riesgo de los requisitos. Avesani y otros autores [17] clasifican las variables en aspectos de negocio (ej. competencia del mercado, regulaciones), satisfacción del cliente y aspectos técnicos (ej. costo del desarrollo).

Estos criterios son agregados en los métodos existentes a fin de calcular un valor único de prioridad asignado a cada requisito. No obstante la agregación de los criterios no es lo suficientemente flexible y adaptable a los contextos específicos de las organizaciones. La agregación y fusión de la información procedentes de distintas fuentes para dar una salida única que de alguna forma sintetice la información original y brinde soporte a la toma de decisiones es un área de trabajo activa [18].

El objetivo de este trabajo es presentar un método para la priorización de requisitos basado en el empleo de operadores de agregación en forma jerárquica para la fusión de la información. El trabajo continúa de la siguiente forma. En la Sección 2 se presenta un estado del arte de la agregación de información. En la Sección 3 se propone el modelo de agregación para la priorización de los requisitos y en la Sección 4 un caso de estudio. El artículo finaliza con las conclusiones y trabajos futuros.

## **2 OPERADORES DE AGREGACIÓN**

La agregación de la información consiste en el proceso de combinar distintos datos brindando una única salida. Los operadores de agregación son un tipo de función matemática empleada para la fusión de la información. Combinan  $n$  valores en un dominio  $D$  y devuelven un valor en ese mismo dominio [18].

Denominando esas funciones  $\mathbb{C}$ [18], los operadores de agregación son funciones de forma:

$$\mathbb{C}: N^n \rightarrow N \quad (1)$$

Los operadores de agregación presentan múltiples aplicaciones en diversos áreas [19]. En la toma de decisiones su papel fundamental está en la evaluación y en la construcción de alternativas[18].

Cada una de las familias de operadores presenta características que les permiten modelar determinadas situaciones. La media ponderada (WA por sus siglas en inglés) posibilita asignar peso a las fuentes de información lo que permite su empleo para representar fiabilidad o importancia/preferencia. Por su parte la familia de operadores OWA (ordered weighted averaging o traducido al español media ponderada ordenada)[20] posibilita la compensación o dar peso a los datos en dependencia de sus valores. Las integrales difusas [21] permiten modelar redundancia, complementariedad e interacciones entre criterios. Sin embargo los operadores no son adecuados para expresar las propiedades expresadas en el razonamiento humano[22].

2.1 MEDIA POTENCIA PESADA

El operador de agregación media de potencia pesada (del inglés, weighted power mean, WPM) permite expresar grado de simultaneidad e Importancia relativa de las entradas (Pesos). Adicionalmente posibilita la construcción de modelos jerárquicos de agregación [23]. La r-ésima WPM es definida de la siguiente forma:

$$M_n^{[r]}(\underline{a}, \underline{w}) = (\sum_{i=1}^n a_i^r w_i)^{\frac{1}{r}} \tag{2}$$

donde  $w_i \in [0,1]$  y  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  y r puede ser seleccionadas para lograr propiedades lógicas deseadas. Para la determinación de los pesos correspondientes a cada característica y sub-características se es posible la utilización de AHP [24].

La media WPM ) utilizando el modelo jerárquico de agregación denominado modelo de puntuación lógica de preferencias (LSP por sus siglas en inglés) [23] .

Una de las principales fortalezas del modelo LSP es que puede modelar diferentes relaciones lógicas entre atributos y sub-características de manera que reflejen las necesidades de los diferentes participantes en el proceso de evaluación .En la tabla 1 se muestran los principales operadores.

Tabla 1. Valores de Funciones de Conjunción/Disyunción Generalizada

Tipo de polarización	Intensidad de la polarización	Símbolo	Valor de r
<b>Disyunción</b>	El más fuerte	D	$+\infty$
	Muy fuerte	D++	20.63
	Fuerte	D+	9.521
	Medio Fuerte	D+-	5.802
	Medio	DA	3.929
	Medio Débil	D-+	2.792
	Débil	D-	2.018
	Muy Débil	D--	1.449
<b>Neutral</b>		A	1
<b>Conjunción</b>	Muy Débil	C--	6.19
	Débil	C-	2.619
	Medio Débil	C+	-0.148
	Medio	CA	-0.72
	Medio Fuerte	C+-	-1.655
	Fuerte	C+	-3.510
	Muy fuerte	C++	-9.06
	El más fuerte	C++	$+\infty$

El decisor puede utilizar dos parámetros en el proceso de agregación [23]:

- Grado de simultaneidad (andness).
- Importancia relativa de la entrada (pesos).

Un aspecto interesante de este operador es que permite agregar información teniendo en cuenta que se puede determinar qué elementos son obligatorio y cuales opcionales [25]. Todos los elementos abordados previamente a juicio del autor permite reflejar de un modo más realista la priorización de requisitos.

3 MÉTODO PROPUESTO

Entre las actividades incluidas en el método propuesto se encuentran: selección de los criterios y requisitos, obtención de la información, normalización de los valores, determinar vectores de pesos y agregación.

A continuación se presenta gráficamente (Figura 1) las actividades contenidas en el flujo de trabajo y se describe cada una de ellas:

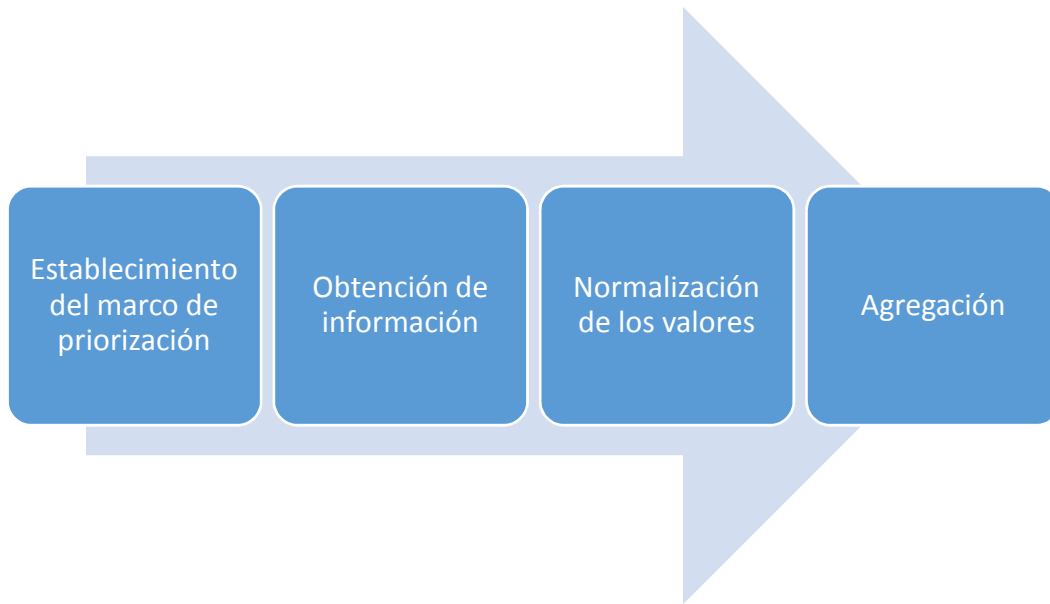


Fig. 1. Actividades del flujo de trabajo para la priorización de requisitos.

1. Establecimiento el marco de priorización: Se seleccionan los criterios y los requisitos que serán evaluados. Siendo  $C=\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  con  $k \geq 2$  los criterios a ser evaluados, y  $R=\{r_1, r_2, \dots, r_j\}$  con  $j \geq 2$  los requisitos.
2. Obtención de información: Se obtiene información sobre las preferencias de los decisores. Esta información representa la valoración de cada requisito con respecto a los criterios. El vector de utilidad [26] es representado de la siguiente forma  $V_j = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jn}\}$ , donde  $v_{jk}$  es la preferencia en relación al criterio  $c_k$  del requisito  $R_j$ . La valoración se da en el intervalo  $[0,1]$ , siendo 0 el peor valor y 1 el mejor.
3. Normalización de los valores: Los valores de las preferencias son normalizados teniendo en cuenta si son de tipo beneficio o costo. Siendo  $\tilde{v}_{jk}$  el valor normalizado, este se calcula para los criterios tipo beneficio como:

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \min} - v_{jk}}{v_{k \min} - v_{k \max}} \quad (3)$$

y para los tipo costo:

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \max} - v_{jk}}{v_{k \max} - v_{k \min}} \quad (4)$$

donde  $v_{k \min}$  es la valoración mínima con respecto al criterio  $k$  y  $v_{k \max}$  es la valoración máxima con respecto al criterio  $k$ .

4. Agregación: La función de agregación  $OAG: [0,1]^n \rightarrow [0,1]$  se obtiene mediante un proceso de agregación jerárquica. Se utiliza WPM (1) utilizando el modelo de puntuación lógica de preferencias (LSP por sus siglas en inglés) [23] debido a que esta se ajusta de un modo más realista al proceso de orientación vocacional. El empleo de los operadores de agregación de forma jerárquica dota de flexibilidad al método. La posibilidad de obtener directamente las preferencias del decisor y su expresión en los vectores de peso es otra de sus fortalezas.

#### 4 ESTUDIO DE CASO

A continuación se presenta un estudio de caso con el propósito fundamental de mostrar la aplicabilidad de la propuesta. Para su desarrollo se seleccionaron lo criterios dificultad técnica, costo y valor para el proyecto de un conjunto de cinco requisitos de software pertenecientes a un sistema de información. Posteriormente se realiza la valoración para cada requisito con respecto a los criterios seleccionados (Tabla 2).

**Tabla 2. Valoración de requisitos**

Requisito	Dificultad técnica	Costo	Valor
R <sub>1</sub>	0.9	0.2	0.7
R <sub>2</sub>	0.2	0.4	0.7
R <sub>3</sub>	0.3	0.6	0.8
R <sub>4</sub>	0.4	0.8	0.3
R <sub>5</sub>	0.6	0.7	0.7

Los criterios relacionados con la dificultad técnica y el costo son criterios tipo costo y se normalizan según (4). El criterio valor de tipo beneficio se normaliza según (3). Los resultados de la normalización se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Normalización de los criterios**

Requisito	Dificultad técnica	Costo	Valor
R <sub>1</sub>	0.00	1.00	0.80
R <sub>2</sub>	1.00	0.67	0.80
R <sub>3</sub>	0.86	0.33	1.00
R <sub>4</sub>	0.71	0.00	0.00
R <sub>5</sub>	0.43	0.17	0.80

A continuación se muestran la estructura de agregación jerárquica obtenida. Se emplearon operadores de agregación que reflejan simultaneidad tal como lo establece LSP [27, 28].

**Tabla 4. Estructura de agregación**

Entradas iniciales	Operador	ID del bloque	Operador	ID del Bloque
Costo	0,3	Balance Costo/Beneficio	0,8	Prioridad global
Valor	0,7			
Dificultad Técnica				

Los resultados de la agregación de los criterios permiten ordenar los requisitos. En este caso el orden de prioridad es el siguiente  $R_2 > R_3 > R_5 > R_1 > R_4$ .

**Tabla 5. Resultados de la agregación**

Requisito	AG
R <sub>1</sub>	0.365
R <sub>2</sub>	0.804
R <sub>3</sub>	0.788
R <sub>4</sub>	0.002
R <sub>5</sub>	0.543

Entre las ventajas planteadas por los especialistas se encuentran la relativa facilidad de la técnica y la elevada flexibilidad que brinda el uso del modelo de agregación empleado. Los resultados muestran además la aplicabilidad que presentan los modelos de ayuda a la toma de decisión basados en la agregación de la información y la actualidad y pertinencia de la temática debido a las mejoras que en el proceso de toma de decisiones en la ingeniería de software brinda.

## 5 CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentó un método para la priorización de requisitos basado en el empleo de operadores de agregación para la fusión de la información. Para la a agregación jerárquica se utilizó el operador WPM. Entre las actividades

incluidas en el método se encuentran: selección de los criterios, obtención de la información sobre las preferencias de los decisores, normalización de los valores y finalmente la agregación de los valores normalizados de las preferencias.

Entre las principales ventajas del método se encuentra la posibilidad de modelar la importancia de los criterios y la compensación. Como trabajos futuros se perfila el trabajo con un enfoque lingüístico difuso y el enfoque multiexperto. La construcción de una herramienta informática que soporte el constituye otra área de trabajo.

### REFERENCIAS

- [1] Leyva-Vázquez, M.Y., R. Rosado-Rosello, and A. Febles-Estrada, *Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos*. Ciencias de la Información, 2012. **43**(2): p. 41-46.
- [2] Pérez, K., et al. *Modelo matemático y procedimiento para evaluación por complejidad de los requisitos software*. in *15th Workshop on Requirements Engineering (WER 2012)*. 2012. Bueno Aires.
- [3] Aurum, A. and C. Wohlin, *Engineering and Managing Software Requirements*. 2005, New York: Springer.
- [4] Avesani, P., et al., *Facing scalability issues in requirements prioritization with machine learning techniques*. 2005.
- [5] Otero, C.E., et al. *A quality-based requirement prioritization framework using binary inputs*. IEEE.
- [6] Lima, D., et al., *A fuzzy approach to requirements prioritization*. Search Based Software Engineering, 2011: p. 64-69.
- [7] Otero, C.E., et al. *A Quality-Based Requirement Prioritization Framework Using Binary Inputs*. in *Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation*. 2010. IEEE.
- [8] Beg, R., Q. Abbas, and R.P. Verma. *An approach for requirement prioritization using b-tree*. 2008. IEEE.
- [9] Racheva, Z., et al. *Do We Know Enough about Requirements Prioritization in Agile Projects: Insights from a Case Study*. 2010. IEEE.
- [10] Logue, K. and K. McDaid. *Handling uncertainty in agile requirement prioritization and scheduling using statistical simulation*. 2008. IEEE.
- [11] Chatzipetrou, P., et al. *Prioritization of issues and requirements by cumulative voting: A compositional data analysis framework*. 2010. IEEE.
- [12] Tonella, P., A. Susi, and F. Palma. *Using interactive ga for requirements prioritization*. 2010. IEEE.
- [13] Ramzan, M., M.A. JaiTar, and A.A. Shahid, *Value based Intelligent Requirement Prioritization (VIRP): Expert Driven Fuzzy Logic based Prioritization Technique*. International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC), 2009.
- [14] Azar, J., R.K. Smith, and D. Cordes, *Value-oriented requirements prioritization in a small development organization*. IEEE software, 2007: p. 32-37.
- [15] Berander, P. and A. Andrews, *Requirements Prioritization*. 2005.
- [16] Wiegers, K.E., *Software Requirements, Second Edition*. 2003, Redmond: Microsoft Press
- [17] Avesani, P., et al. *Facing scalability issues in requirements prioritization with machine learning techniques*. 2005. IEEE.
- [18] Torra, V. and Y. Narukawa, *Modeling decisions: information fusion and aggregation operators*. 2007: Springer.
- [19] Beliakov, G., A. Pradera, and T. Calvo, *Aggregation functions: a guide for practitioners*. 2007: Springer.
- [20] 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.
- [21] Arenas-Díaz, G., *Medidas difusas e integrales difusas*. Universitas Scientiarum, 2013. **18**(1): p. 7-32.
- [22] Dujmović, J.J., *Continuous preference logic for system evaluation*. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2007. **15**(6): p. 1082-1099.
- [23] Dujmović, J.J. and H. Nagashima, *LSP method and its use for evaluation of Java IDEs*. International journal of approximate reasoning, 2006. **41**(1): p. 3-22.
- [24] Saaty, T.L., *What is the analytic hierarchy process?*, in *Mathematical models for decision support*. 1988, Springer. p. 109-121.
- [25] Nogués, J.B., *SEMANTIC RECOMMENDER SYSTEMS. PROVISION OF PERSONALISED INFORMATION ABOUT TOURIST ACTIVITIES*, in *Department of Computer Science and Mathematics*. 2015, Universitat Rovira i Virgili.
- [26] Espinilla, M., et al., *A 360-degree performance appraisal model dealing with heterogeneous information and dependent criteria*. Information Sciences, 2012.
- [27] Gyorgy, T., G. Suciu, and T.L. Militaru. *CLASSIFICATION OF ON-LINE STUDENTS USING AN EXPERT SYSTEM OVER OPEN SOURCE, DISTRIBUTED CLOUD COMPUTING SYSTEM*. in *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*. 2014. " Carol I" National Defence University.
- [28] Tapia-Rosero, A., et al., *Fusion of preferences from different perspectives in a decision-making context*. Information Fusion.