

Selección de software, una revisión sistemática del estado del arte

Selection of software, a systematic review

MScs(c) Andrés Leonardo Rojas Duarte, PhD. Yoan Pinzón** y PhD. Félix Antonio Cortez Aldana****

ABSTRACT

Software selection is a process in which several decision makers are involved, which have different preferences that could be mutually exclusive, this added to the different criteria that should be consider when evaluating the alternatives, makes this type of situation a multicriteria decision problem, that can be approached from the multiple-criteria analysis perspective. In this paper, a systematic review of software selection is presented, with the main goal of establishing an academic support for this type of process. To elaborate the state of the art, research questions, the inclusion criteria of the documents, the search process and analyze data to answer the questions identified, were defined. The main contribution of this paper is the determination of the methodologies used and the set of criteria that can be taken as a basis for the evaluation of alternatives, to choose the most appropriate according to the context of the software selection process.

Keywords: Software selection, multiple-criteria decision analysis, software engineering.

RESUMEN

La selección de software es un proceso en el que intervienen varios decisores, los cuales tienen diferentes preferencias que pueden llegar a ser mutuamente excluyentes, esto sumado a los diferentes criterios que se deben considerar al evaluar las alternativas, hace que este tipo de situación sea un problema de decisión, el cual puede abordarse desde el análisis multicriterio de decisiones. En este documento se presenta una revisión sistemática del estado del arte de los procesos de selección de software, con el objetivo principal de establecer una base académica que permita dar soporte a dicho tipo de procesos. Para la elaboración del estado del arte, se definieron las preguntas de investigación, los criterios de inclusión de los documentos, el proceso de búsqueda y los datos a analizar para dar respuesta a las preguntas definidas. El aporte principal de este documento es la determinación de las metodologías más usadas, así como el conjunto de criterios que se puede tomar como base para la evaluación de las alternativas, con el fin de elegir la más adecuada de acuerdo al contexto del proceso de decisión.

Palabras clave: Selección de software, análisis multicriterio de decisiones, ingeniería de software.

Fecha de recepción: 2015-04-18 - Fecha aceptado: 2015-06-16

* Universidad Nacional de Colombia, alrojasd@unal.edu.co

** Universidad Nacional de Colombia, ypinzon@unal.edu.co

*** Universidad Nacional de Colombia, facortesa@unal.edu.co



I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a [1], [2] y [3], no existe un concepto universal de arquitectura de software. Una de las corrientes de pensamiento se centra en una visión estructural de los sistemas, por lo que considera la arquitectura de software como la definición de los componentes de un sistema y la forma en que estos interactúan entre sí, de forma tal que trabajen coherentemente como una estructura unificada, la cual tiene un impacto directo en aspectos de la calidad del sistema final tales como [1]: el grado de exactitud de sus salidas, su desempeño, seguridad, capacidad de cambio y portabilidad.

Otra perspectiva considera la definición de la arquitectura de software como el resultado de la toma de decisiones durante las etapas iniciales de un proyecto ([4], [5], [6] y [7]), por lo que dichas decisiones deben tener el mismo nivel de importancia de los componentes definidos en la arquitectura [5], ya que tienen un impacto directo en el diseño, implementación, evolución, reusabilidad e integración del sistema [4].

Dentro del tipo de decisiones que se deben tomar a nivel arquitectónico se encuentran las decisiones de existencia, que tienen como resultado la definición de los componentes que deben o no formar parte del sistema ([5] y [8]). Este tipo de decisiones pueden ser estructurales o de comportamiento, las cuales definen respectivamente los módulos que componen el sistema y las interacciones de dichos componentes.

Las decisiones que establecen las guías y restricciones de diseño son conocidas como decisiones de propiedad ([5] y [8]).

Adicionalmente existen decisiones que definen la arquitectura de software teniendo presentes restricciones de negocio, afectando directamente las metodologías de desarrollo, la organización y el conjunto de herramientas y tecnologías seleccionadas, por lo que son consideradas decisiones de negocio ([5] y [8]).

Las decisiones que se deben tomar a nivel de arquitectura de un sistema se ven afectadas por factores como [9]: la gran cantidad de productos de software disponible, los continuos avances

y mejoras en las tecnologías de la información, la existencia de incompatibilidades entre varios tipos de software y hardware, la dificultad en la evaluación de las diferencias funcionales de los sistemas, la falta de experiencia y conocimiento técnico de los involucrados en los procesos de selección.

Los factores mencionados anteriormente, junto a un gran número de personas involucradas y la definición de criterios que son mutuamente incompatibles, hacen que los procesos de selección de software sean del tipo multicriterio, los cuales pueden ser abordados mediante la aplicación de las técnicas propuestas por el MCDA (Multiple Criteria Decision Analysis), el cual tiene como objetivo principal “ayudar a los decisores a organizar y sintetizar la información asociada al problema de decisión, de tal forma que se minimicen las percepciones negativas sobre la decisión tomada y se contemplen debidamente todos los criterios pertinentes para tomarla” [10].

En este documento se presenta una revisión sistemática del estado del arte de los procesos de selección de software, con el objetivo de sintetizar los aspectos más relevantes que se deben considerar en el momento de iniciar un proceso de selección de software, de forma tal que se tenga un soporte adicional a las preferencias de los decisores por una alternativa en particular.

La estructura del documento es la siguiente: presentación y desarrollo de la metodología para la elaboración del estado del arte, presentación de las metodologías de selección de software, una propuesta de criterios base y por último las conclusiones obtenidas como resultado de la elaboración del estado del arte, las cuales dan respuesta a las preguntas de investigación propuestas.

II. METODOLOGÍA

Con el fin de ejecutar una revisión del estado del arte de los procesos de selección de software, se siguió una metodología que propone la revisión sistemática de la información disponible en varias fuentes académicas. La metodología seguida se basa en la propuesta por [11], de la cual se siguieron las siguientes etapas:

- A. Definición de las preguntas de investigación
- B. Definición del proceso de búsqueda
- C. Definición de los criterios de inclusión
- D. Recolección de datos
- E. Análisis de los datos

En las siguientes secciones se presenta el desarrollo de las etapas mencionadas anteriormente.

A. Preguntas de investigación

El objetivo principal de la revisión del estado del arte que se presenta en este documento, es definir las metodologías más usadas en procesos de selección de software, así como los criterios más utilizados para evaluar las alternativas, por lo tanto las preguntas definidas para la ejecución de la revisión son las siguientes:

- PI1. ¿Es la selección de software un área de investigación continuamente activa?
- PI2. ¿Cuáles son las metodologías de selección de software más utilizadas?
- PI3. ¿Cuáles son los criterios de selección de software más utilizados?
- PI4. ¿Cuáles son los tipos de software evaluados en un proceso de selección?

A cada una de las preguntas se ha asignado un código de forma tal que puedan ser referenciadas dentro del documento. El código definido, corresponde a las siglas PI (por Pregunta de Investigación) junto a un número entero secuencial.

B. Proceso de búsqueda

El proceso de búsqueda tuvo como primera etapa la definición de las ecuaciones de búsqueda, las cuales están orientadas a dar respuesta a las preguntas de investigación definidas para el proceso. Las ecuaciones de búsqueda utilizadas fueron:

- Software selection
- Software evaluation
- Software selection criteria
- Selección de software
- Evaluación de software

Posteriormente, se definieron las fuentes de búsqueda, en las cuales se ejecutó de forma manual las anteriores ecuaciones de búsqueda. Las fuentes definidas son las siguientes:

- IEEE Explorer (IEEE)
- ScienceDirect (SD)
- Catalogo de publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL)
- Catalogo de publicaciones de la Universidad de los Andes (UNIANDES)
- Catalogo de publicaciones de la Universidad-Javeriana (UJAVERIANA)

Las ecuaciones de búsqueda “Selección de software” y “Evaluación de software” solo fueron aplicadas en las fuentes de datos UNAL, UNIANDES y UJAVERIANA.

C. Criterios de inclusión

Los artículos que se sometieron a estudio fueron incluidos, debido a que definían una metodología para la selección de software o se seguía una metodología previamente establecida.

En el caso de los criterios, los artículos seleccionados se incluyeron debido a que definían un conjunto de criterios genéricos o un conjunto de criterios relacionados directamente con el tipo de software evaluado.

D. Recolección de datos y análisis de datos

Como resultado de la ejecución de las ecuaciones de búsqueda definidas para el estudio, se encontraron 54 documentos, los cuales fueron importados en la herramienta bibliográfica Mendeley, la cual permite la definición de etiquetas para poder filtrar, de forma sencilla, una colección de referencias.

Para la clasificación de los documentos analizados en la revisión, se definieron etiquetas que los permiten clasificar por país, criterios de selección, metodologías seguidas o propuestas, tipo de software sometido a evaluación y el año de las publicaciones. Las etiquetas propuestas se relacionan en la Tabla I de este documento.

Tabla 1. Etiquetas para la clasificación de documentos

Etiqueta	Descripción
country-[country]	Etiqueta en la que se agrupan el país de la institución del autor principal del artículo
criteria_selection	Etiqueta para agrupar los documentos en los que se definen o aplican criterios de selección
criteria_selection-[criteria_selection]	Etiqueta para definir un grupo de criterios de selección específico. Por ejemplo: criteria_selection-functionality.
methodology	Etiqueta para clasificar documentos que aplican una metodología de selección de software
methodology-[methodology]	Etiqueta para clasificar un documento que aplica una metodología específica. Por ejemplo: methodology-ahp.
software_type-[software_type]	Etiqueta para determinar el tipo de software que se somete a evaluación. Por ejemplo: software_type-erp.
year-[year]	Permite definir el año de publicación del documento analizado. Por ejemplo: year-2015.

III. METODOLOGÍAS DE SELECCIÓN DE SOFTWARE

Como se muestra en la Figura 1, las metodologías más usadas son AHP, las metodologías híbridas, FAHP y las metodologías propuestas.

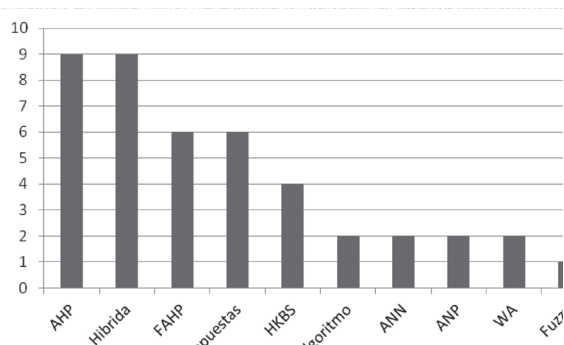


Figura 1. Cantidad de publicaciones en selección de software por metodología seguida.

Tabla 2. Metodologías de selección de software y publicaciones

Metodología	Documentos en la que se publicó
AHP (Analytic Hierarchy Process)	[12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]
Híbrida	[21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]
FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)	[9], [30], [31], [32], [33], [34]
Propuestas	[35], [36], [37], [38], [39], [40]
HKBS (Hybrid Knowledge Based System)	[41], [42], [43], [44]
Algoritmo	[45], [46]
ANN (Artificial Neural Network)	[47], [48]
ANP (Analytic Neural Process)	[49], [50]
WA (Weighted Average)	[51], [52]
Fuzzy	[53]

En la Tabla 2 se muestra una relación entre las metodologías aplicadas y las publicaciones en las que se detalla su seguimiento.

A. AHP

La técnica AHP [54] es un método de análisis multicriterio que tiene como base las preferencias del decisor, lo que lo clasifica como un método multicriterio del tipo subjetivo. Es un proceso de tres etapas, en la primera se modela el problema como una jerarquía de los objetivos, criterios y alternativas. Posteriormente se realiza una comparación por pares de elementos pertenecientes a la misma categoría, esta comparación tiene como objetivo definir el nivel de importancia de los elementos para los decisores, lo que se establece mediante una escala de comparación de preferencias, la escala que generalmente se utiliza es la escala de Saaty [55]. Como última etapa del método AHP, se analizan y sintetizan los resultados obtenidos.

B. Híbridas

Son aquellas técnicas en la que se combina más de una técnica de selección de software. Dentro

de las combinaciones que se encontraron como parte de la revisión del estado del arte se encuentran:

- AHP + DESMET: [28] presenta una propuesta en la que se combinan AHP y la metodología DESMET. La metodología DESMET es el resultado de un proyecto colaborativo desarrollado en la década de los 90 en el Reino Unido. El principal objetivo de esta metodología es el de ayudar a una organización durante un proyecto de evaluación de software. La metodología define los siguientes pasos: definición del alcance del proceso, selección del método de evaluación, definición de los roles y las responsabilidades de los vinculados al proceso, definir supuestos y restricciones, definir los tiempos y esfuerzos del proceso, analizar e interpretar los resultados para finalmente presentarlos a los decisores.
- AHP + STACE (Social Technical Approach to COTS (Comercial Off The Shell) Software Evaluation): [26- describe una metodología en la que se consideran aspectos técnicos y funcionales, promoviendo la vinculación de los clientes durante el proceso. La metodología propone la definición de una estructura jerárquica basada en AHP, en la que se plasmen las necesidades de la organización que ejecuta el proceso de selección de software.
- AHP + TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution): [27], [29] Esta metodología establece que la alternativa más adecuada se encuentra lo más cercano posible a una solución óptima y lo más lejano posible de una solución poco óptima, la cual está influenciada por las preferencias de los decisores sobre un alternativa específica.
- ANP + CI + MACBETH: [21] combina tres metodologías ANP, Choquet Integral y Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique. La metodología ANP es utilizada para determinar las prioridades de las alternativas respecto a un conjunto de criterios, cuya relación es analizada mediante las técnicas CI y MACBETH.
- ANP + PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Eva-

luations): [25] La técnica ANP es utilizada para determinar los pesos de cada uno de los criterios de evaluación. La alternativa más adecuada se determina mediante el seguimiento de la metodología PROMETHEE.

- CBR (Case Based Reasoning) + RBR (Rule Based Reasoning): [22] propone un sistema que apoya al decisor durante el proceso de evaluación y selección de software. El sistema implementa la técnica RBR para almacenar conocimiento sobre los criterios de evaluación y para guiar al usuario para determinar las características del software que desea seleccionar. La técnica CBR es utilizada para determinar las calificaciones de paquetes que cumplen con las características deseadas por el usuario.
- QFD (Quality Function Deployment) + FLR (Fuzzy Linear Regression) + ZOGP (Zero-One Goal PROGRAMming): [23] Combina varias técnicas de forma tal que se pueda establecer una relación entre los requerimientos de los decisores y las características del software a seleccionar (QFD), posteriormente se establece un grado de relación entre dichos factores mediante FLR y finalmente se elige la alternativa más adecuada mediante ZOGP, el cual soporta varios objetivos y busca minimizar la suma de las desviaciones del valor máximo de satisfacción por parte de los decisores.

C. FAHP

Es una variación de la metodología AHP, propuesta por [56] en el año 1983. En esta propuesta las calificaciones de las comparaciones de pares de elementos, se asigna en una escala difusa con el fin de limitar la posibilidad de errores por parte de los decisores, en el momento de expresar sus experiencias mediante un número específico.

D. Propuestas

Este tipo de metodologías, tienen una especialización de acuerdo al tipo de software que evalúan pero de forma general se pueden

enmarcar como metodologías multicriterio, ya que consideran más de una alternativa y criterio durante los procesos de evaluación.

E. HKBS

En este tipo de metodologías se define un sistema en el que las características del proceso de selección son almacenadas en una base de conocimiento, en la que se contemplan las alternativas y los criterios bajo los que se evaluarán, de forma tal que puedan ser reutilizados en procesos de selección con diferentes características.

F. Algoritmos

Este tipo de enfoque asume el problema de selección de software, como un problema de optimización en el que dadas las alternativas, estas deben cumplir cierta función de optimización. Este tipo de enfoque es totalmente objetivo, ya que no involucra el juicio de los decisores como parte del proceso de selección. En los documentos estudiados se determinaron dos tipos de estrategias: greedy ([45] y [46]) y algoritmo genético [45].

G. ANN

Las técnicas basadas en ANN, tienen como componente principal la definición de una red neuronal, la cual es entrenada con datos obtenidos de los expertos o decisores que participan en el proceso de selección de software. Este tipo de técnica permite la combinación de aspectos cuantitativos y cualitativos de los criterios bajo los que las alternativas son evaluadas.

Los modelos propuestos pueden ser utilizados en contextos en los cuales no exista una diferencia significativa con respecto a los contextos para los cuales se diseñaron las redes neuronales.

H. ANP

Es una generalización del método AHP, propuesta por [57] en el año 1996. Esta generalización considera la dependencia entre elementos de diferentes niveles, por lo que el problema no se modela con una jerarquía con niveles claramente definidos, sino como una red de elemen-

tos que tienen cierto grado de dependencia mutua. Los elementos que forman parte de la red son considerados como nodos, los cuales pueden ser del tipo origen o receptor. Los nodos de origen son aquellos que tienen influencia sobre otros nodos. Los nodos receptores, son aquellos que reciben la influencia de otros nodos.

La importancia relativa de los criterios se determina mediante comparación por pares, haciendo uso de la escala propuesta por [55].

I. WA

Es una técnica que determina la calificación de una alternativa, sumando las calificaciones de las alternativas respecto a cada criterio, por lo que las prioridades de los criterios deben ser preestablecidas previa a la determinación de la calificación final de las alternativas.

J. Fuzzy

Este enfoque aplica la teoría de conjuntos difusos, así como el álgebra de números difusos, con el fin de determinar las fortalezas y debilidades de cada una de las alternativas, para posteriormente solicitarle a los expertos una calificación en una escala lingüística que es posteriormente unificada con las calificaciones de los decisores para determinar una calificación final para cada una de las alternativas, la cual puede ser utilizada para determinar la alternativa más adecuada.

IV. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SOFTWARE

Como se mencionó en la sección de la metodología seguida para la elaboración del estado del arte, se definieron etiquetas asociadas a cada categoría de criterios identificada, de forma tal que los documentos estudiados pudieran ser clasificados en términos de los criterios que fueron utilizados para la evaluación de las alternativas. En la Tabla 3 se presentan las etiquetas definidas y los documentos que fueron clasificados bajo dichas etiquetas.

Tabla 3. Etiquetas de criterios de selección de software y publicaciones

Etiqueta	Documentos
criteria_selection-documentation	[29], [32], [36], [37], [53], [58], [59], [65]
criteria_selection-functionality	[13], [14], [15], [17], [20], [22], [23], [24], [26], [29], [30], [32], [34], [36], [37], [38], [41], [42], [45], [47], [48], [49], [51], [53], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66]
criteria_selection-project_factors	[9], [14], [15], [17], [20], [23], [24], [25], [26], [28], [30], [31], [34], [41], [44], [47], [48], [49], [53], [58], [59], [62], [67]
criteria_selection-technical_factors	[12], [15], [17], [19], [20], [21], [22], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [31], [33], [34], [36], [37], [38], [39], [41], [44], [49], [50], [51], [53], [58], [59], [60], [61], [63], [64], [65], [66], [67], [68]
criteria_selection-vendor	[9], [14], [15], [20], [21], [22], [23], [24], [28], [30], [31], [32], [33], [34], [37], [49], [53], [58], [61], [62], [63], [65], [67]

A. Documentación

En este grupo de criterios se encuentran aquellos relacionados con la disponibilidad de documentación asociada a aspectos funcionales del software, dentro de los que se encuentran las ayudas inmersas en las herramientas y la disponibilidad de fuentes de ayuda externas. Este tipo de criterios se pueden medir en términos del tamaño de las comunidades de ayuda y la calidad de la documentación percibida por los expertos que intervienen en los procesos de decisión

B. Funcionalidad

Evalúan aspectos relacionados con las funcionalidades con las que cuentan las herramientas consideradas como alternativas. Las funcionalidades se evalúan en términos de usabilidad y cantidad de funcionalidades disponibles.

C. Factores Asociados al Proyecto

Estos criterios evalúan las alternativas respecto a aspectos relacionados con el proyecto en el que se enmarca el proceso de decisión, son evaluadas

en términos económicos y tiempo de duración del proyecto.

D. Técnicos

Los criterios de tipo técnico evalúan las alternativas en aspectos como el consumo de recursos físicos (memoria, disco duro o red), la capacidad para dar una respuesta de forma eficiente, la capacidad de integración con sistemas externos y la capacidad de escalamiento. Los criterios técnicos pueden ser evaluados mediante el análisis de benchmark comparativos que estén disponibles públicamente, o se puede determinar la calificación mediante la ejecución de benchmark en ambientes controlados.

E. Factores Asociados al Proveedor

Estos criterios se encuentran asociados a la reputación del cliente, su tiempo en el mercado y la experiencia de la organización con un proveedor.

Los grupos de criterios identificados pueden agruparse en una jerarquía básica que permita la definición de criterios más específicos, los cuales estén directamente relacionados con el tipo de software que se está

sometiendo a evaluación y al contexto en el que dicho proceso se desarrolla. En la Figura 2, se muestra la jerarquía propuesta.

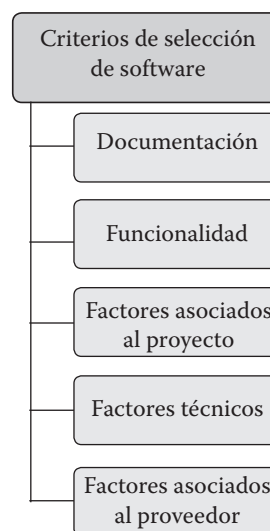


Figura 2. Propuesta de jerarquía de criterios básica para la selección de software

V. CONCLUSIONES

PI1. *¿Es la selección de software un área de investigación continuamente activa?* De acuerdo a los datos obtenidos al clasificar los documentos estudiados con la etiqueta *year-[year]* y como se muestra en a Figura 3, a partir del año 1988 y en una forma continua hasta el año 2015, existen publicaciones asociadas a los procesos de selección de software.

Adicionalmente, los documentos clasificados bajo la etiqueta *country-[country]*, muestran que existen publicaciones en los siguientes países: Alemania, Arabia, Australia, China, Chipre, Colombia, España, Estados Unidos, Grecia, India, Irán, Italia, Malasia, Noruega, Omán, Portugal, Reino Unido, Taiwán, Turquía y Zambia.

Los datos de publicaciones por año y por país muestran que existe un área continua de investigación en torno a los procesos de selección de software, lo cual es consecuencia directa de la aparición de nuevas herramientas, del

mejoramiento de las existentes y de la dependencia en el contexto de los procesos de selección de software.

PI2. *¿Cuáles son las metodologías de selección de software más utilizadas?* De acuerdo a los resultados presentados en la sección de metodologías de selección de software de este documento, se puede observar que las metodologías AHP y las metodologías híbridas son los tipos de metodologías más usadas en los procesos de selección

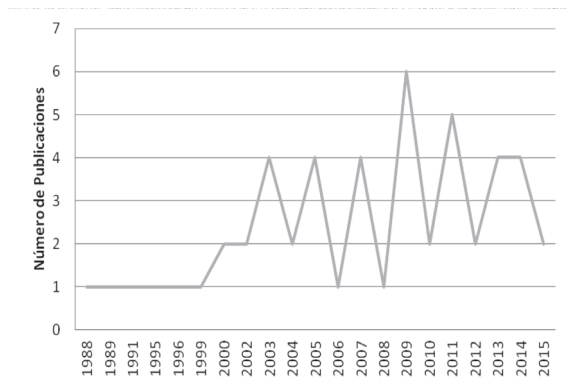


Figura 3. Número de publicaciones de selección de software por año

de software adicionalmente se puede observar que existen metodologías objetivas, que pretenden automatizar los procesos de selección de software; dentro de este tipo de metodologías se encuentran las basadas en conocimiento y los algoritmos.

PI3. *¿Cuáles son los criterios de selección de software más utilizados?* Dentro de la definición de los criterios de de evaluación, se determinó que no es posible establecer una jerarquía genérica que permita evaluar cualquier tipo de software, esto es debido a que existe una dependencia directa del contexto de los procesos de evaluación y de las necesidades de las organizaciones que los ejecutan, así como de las características propias del tipo de software que se somete a evaluación. Sin embargo, en este documento se propusieron cinco categorías base: documentación, funcionalidad, factores asociados al proyecto, factores técnicos y factores asociados al proveedor del software, las cuales permiten definir un conjunto de criterios más específicos que contemple aspectos propios del tipo de software que se somete a evaluación y el contexto en el que dicho proceso se desarrolla. Por lo que las metodologías presentadas y la jerarquía base de criterios de selección que se propusieron en este documento pueden ser utilizados durante procesos de decisión, en los que se busque seleccionar la alternativa de software más adecuada, desde una perspectiva del análisis multicriterio de decisiones.

PI4. *¿Cuáles son los tipos de software evaluados en un proceso de selección?* A partir de los documentos clasificados bajo la etiqueta *software_type-[software_type]*, los tipos de software evaluados son: administración del conocimiento, AHP, bases de datos, científico, COTS (Commercial Off-the-Shelf), COTS middleware, CRM (Customer Relationship Management), DSS (Decision Support System), e-business, e-learning, EMR (Electronic Medical Record), ERP (Enterprise Resource Planning), ESB (Enterprise Service Bus), ingeniería inversa, MAS (Multi-media Authorizing System), mensajería SMS, Minería de datos, MRP (Manufacturing Resource Planning), SaaS (Software-as-a-Service), servidores de correo, simulación, software contable, soft-

ware para creación de gráficos, websites y WMS (Warehouse Management System). Este listado muestra que los procesos de selección de software, pueden ser aplicados a una gran variedad de tipos de software e inclusive a aquellos para los que no existe una publicación académica.

REFERENCIAS

- [1] P. Clements, F. Bachmann, L. Bass, D. Garlan, J. Ivers, R. Little, P. Merson, R. Nord, and J. Stafford, *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*. Pearson Education, 2010.
- [2] D. Garlan and M. Shaw, "An Introduction to Software Architecture," *Knowl. Creat. Diffus. Util.*, vol. 1, no. January, pp. 1–40, 1994.
- [3] I. Gorton, "Essential Software". Springer, 2011.
- [4] A. Jansen and J. Bosch, "Software Architecture as a Set of Architectural Design Decision," *Proceedings of the 5th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture*, 2005. [Online]. Available: <http://www.ics.uci.edu/~andre/ics223w2006/jansenbosch.pdf>. [Accessed: 14-Sep-2014].
- [5] P. Kruchten, "An Ontology of Architectural Design Decisions in Software-Intensive Systems," *Proceedings of the 2nd Groningen Workshop on Software Variability Management*, 2004. [Online]. Available: <http://pkruchten.files.wordpress.com/2009/07/kruchten-2004-design-decisions.pdf>. [Accessed: 14-Sep-2014].
- [6] T. Mannisto, J. Savolainen, and V. Myllarinen, "Teaching Software Architecture Design," in *Seventh Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA 2008)*, 2008, pp. 117–124.
- [7] J. Tyree and A. Akerman, "Architecture decisions: Demystifying architecture," *IEEE Softw.*, vol. 22, no. April, pp. 19–27, 2005.
- [8] S. R. V and H. Muccini, "A Study on Group Decision-Making in Software Architecture," 2014.
- [9] H.-Y. Lin, P.-Y. Hsu, and G.-J. Sheen, "A fuzzy-based decision-making procedure for data warehouse system selection," *Expert Syst. Appl.*, vol. 32, no. 3, pp. 939–953, Apr. 2007.
- [10] V. Belton and T. J. Stewart, "Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach," 2001.
- [11] B. Kitchenham, "Procedures for performing systematic reviews," *Keele, UK, Keele Univ.*, vol. 33, no. 2004, pp. 1–26, 2004.
- [12] A. S. Alghamdi, I. Ahmad, and M. Nasir, "Selecting the best alternative SOA service bus for C4I systems using multi-criteria decision making technique," in *2010 IEEE Region 8 International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering (SIBIRCON)*, 2010, pp. 790–795.
- [13] E. Colombo and C. Francalanci, "Selecting CRM packages based on architectural, functional, and cost requirements: Empirical validation of a hierarchical ranking model," *Requirements Eng*, 2004. [Online]. Available: http://www.it.iitb.ac.in/~palwencha/mtp_sec/Prashant Palwencha/lic/pap1412/selecting CRM packages vol-9no3.pdf. [Accessed: 15-Sep-2014].
- [14] M. Godse and S. Mulik, "An approach for selecting Software-as-a-Service (SaaS) product," *CLOUD 2009 - 2009 IEEE Int. Conf. Cloud Comput.*, pp. 155–158, 2009.
- [15] V. S. Lai, B. K. Wong, and W. Cheung, "Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 137, no. 1, pp. 134–144, Feb. 2002.
- [16] E. W. T. Ngai and E. W. C. Chan, "Evaluation of knowledge management tools using AHP," *Expert Syst. Appl.*, vol. 29, no. 4, pp. 889–899, Nov. 2005.
- [17] W. Ossadnik and O. Lange, "AHP-based evaluation of AHP-Software," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 118, no. 3, pp. 578–588, Nov. 1999.
- [18] A. Shtub, I. Spiegler, and A. Kapeliuk, "Using DSS methods in selecting operations management software," *Comput. In-*

- togr. *Manuf. Syst.*, vol. 1, no. 4, pp. 211–220, Nov. 1988.
- [19] Z. Siddiqui, A. H. Abdullah, and M. K. Khan, “Qualified analysis b/w ESB(s) using Analytical Hierarchy Process (AHP) method,” *Proc. - 2011 2nd Int. Conf. Intell. Syst. Model. Simulation, ISMS 2011*, pp. 100–104, 2011.
- [20] C. C. Wei, C. F. Chien, and M. J. J. Wang, “An AHP-based approach to ERP system selection,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 96, pp. 47–62, 2005.
- [21] T. Gürbüz, S. E. Alptekin, and G. Işıklar Alptekin, “A hybrid MCDM methodology for ERP selection problem with interacting criteria,” *Decis. Support Syst.*, vol. 54, pp. 206–214, 2012.
- [22] A. Jadhav and R. Sonar, “Analytic Hierarchy Process (AHP), Weighted Scoring Method (WSM), and Hybrid Knowledge Based System (HKBS) for Software Selection: A Comparative Study,” in *2009 Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology, 2009*, pp. 991–997.
- [23] E. E. Karsak and C. O. Özogul, “An integrated decision making approach for ERP system selection,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, pp. 660–667, 2009.
- [24] H. S. Kilic, S. Zaim, and D. Delen, “Development of a hybrid methodology for ERP system selection: The case of Turkish Airlines,” *Decis. Support Syst.*, vol. 66, pp. 82–92, 2014.
- [25] H. S. Kilic, S. Zaim, and D. Delen, “Selecting ‘The Best’ ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, pp. 2343–2352, 2015.
- [26] D. Kunda, “STACE: social technical approach to COTS software evaluation,” *Component-Based Softw. Qual.*, pp. 64–84, 2003.
- [27] S. K. Misra and A. Ray, “Integrated AHP-TOPSIS Model for Software Selection Under Multi-criteria Perspective,” *Driv. Econ. through Innov. Entrep.*, pp. 163–174, 2013.
- [28] D. Morera, *COTS Evaluation Using Desmet Methodology & Analytic Hierarchy Process (AHP)*, vol. 2559. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002.
- [29] A. A. Zaidan, B. B. Zaidan, A. Al-Haiqi, M. L. M. Kiah, M. Hussain, and M. Abdalnabi, “Evaluation and selection of open-source EMR software packages based on integrated AHP and TOPSIS,” *J. Biomed. Inform.*, 2014.
- [30] U. Cebeci, “Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 5, pp. 8900–8909, 2009.
- [31] J. A. Z. Cortés, M. D. A. Serna, and W. A. Jaimes, “Applying fuzzy extended analytical hierarchy (FEAHP) for selecting logistics software,” *Ing. e Investig.*, vol. 32, no. 1, pp. 94–99, 2012.
- [32] H. S. Lee and M. H. Wang, “A fuzzy model for selecting software,” *Proc. - Fourth Int. Conf. Fuzzy Syst. Knowl. Discov. FSKD 2007*, vol. 3, no. Fskd, pp. 411–415, 2007.
- [33] P. Minetola, L. Iuliano, and F. Calignano, “A customer oriented methodology for reverse engineering software selection in the computer aided inspection scenario,” *Comput. Ind.*, vol. 67, pp. 54–71, 2015.
- [34] C.-C. Wei and M.-J. J. Wang, “A comprehensive framework for selecting an ERP system,” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 22, pp. 161–169, 2004.
- [35] V. Hlupic and R. J. Paul, “Methodological approach to manufacturing simulation software selection,” *Comput. Integr. Manuf. Syst.*, vol. 9, no. 1, pp. 49–55, Feb. 1996.
- [36] X. B. Illa, X. Franch, and J. A. Pastor, “Formalising ERP selection criteria,” in *Tenth International Workshop on Software Specification and Design. IWSSD-10 2000, 2000*, pp. 115–122.
- [37] L. A. Le Blanc and M. Tawfik Jelassi, “DSS software selection: A multiple criteria decision methodology,” *Inf. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 49–65, Aug. 1989.

- [38] B. L. Nelson, W. D. Kelton, and G. M. Clark, "SELECTING SIMULATION SOFTWARE," 1991.
- [39] A. A. Neto and M. Vieira, "Selecting software packages for secure database installations," Proc. 2011 6th Int. Conf. Availability, Reliab. Secur. ARES 2011, pp. 67–74, 2011.
- [40] J. Verville and A. Halington, "A six-stage model of the buying process for ERP software," Ind. Mark. Manag., vol. 32, no. 7, pp. 585–594, Oct. 2003.
- [41] A. S. Jadhav and R. M. Sonar, "Framework for evaluation and selection of the software packages: A hybrid knowledge based system approach," J. Syst. Softw., vol. 84, no. 8, pp. 1394–1407, Aug. 2011.
- [42] A. Jadhav and R. Sonar, "A Hybrid System for Selection of the Software Packages," in 2008 First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, 2008, pp. 337–342.
- [43] Y. Li and M. A. Thomas, "A Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) Software Selection Framework," in 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences, 2014, pp. 1084–1094.
- [44] I. Stamelos, I. Vlahavas, I. Refanidis, and A. Tsoukiàs, "Knowledge based evaluation of software systems: a case study," Inf. Softw. Technol., vol. 42, no. 5, pp. 333–345, Apr. 2000.
- [45] N. Haghpanah, S. Moaven, J. Habibi, M. Kargar, and S. H. Yeganeh, "Approximation Algorithms for Software Component Selection Problem," 14th Asia-Pacific Softw. Eng. Conf., pp. 159–166, 2007.
- [46] X. Huang, T. Lu, X. Ding, T. Liu, and N. Gu, "A provenance-based solution for software selection in scientific software sharing," Proc. 2013 IEEE 17th Int. Conf. Comput. Support. Coop. Work Des. CSCWD 2013, pp. 172–177, 2013.
- [47] H. J. H. Jianhua, Z. S. Z. Shugong, Z. G. Z. Guangfeng, and L. C. L. Chunrui, "A study on ERP system software selecting evaluation based on fuzzy neural network model," Adv. Comput. Theory Eng. (ICACTE), 2010 3rd Int. Conf., vol. 1, pp. 365–368, 2010.
- [48] H. R. Yazgan, S. Boran, and K. Goztepe, "An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach," Expert Syst. Appl., vol. 36, no. 5, pp. 9214–9222, 2009.
- [49] G. Jaime, "A hybrid method for information technologies selection combining multi-criteria decision making (MCDM) with technology roadmapping," 2013.
- [50] M. L. Etaati, S. Sadi-Nezhad, A, "Using Fuzzy Analytical Network Process and ISO 9126 Quality Model in Software Selection: A case study in E-learnig Systems," Journal of Applied Sciences, vol. 11. pp. 96–103, 2011.
- [51] K. Collier, B. Carey, D. Sautter, and C. Marjaniemi, "A methodology for evaluating and selecting data mining software," in Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers, 1999, vol. Track6, p. 11.
- [52] V. Maxville, J. Armarego, and C. P. Lam, "Applying a reusable framework for software selection," IET Softw., vol. 3, no. October 2008, p. 369, 2009.
- [53] J. K. Cochran and H.-N. Chen, "Fuzzy multi-criteria selection of object-oriented simulation software for production system analysis," Comput. Oper. Res., vol. 32, no. 1, pp. 153–168, Jan. 2005.
- [54] R. W. Saaty, "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used," Math. Model., vol. 9, no. 3–5, pp. 161–176, Jan. 1987.
- [55] T. L. Saaty, "The Analytic Network Process". RWS Publications, 1996.
- [56] P. J. M. van Laarhoven and W. Pedrycz, "A fuzzy extension of Saaty's priority theory," Fuzzy Sets Syst., vol. 11, no. 1–3, pp. 199–227, 1983.
- [57] T. L. Saaty, "A scaling method for priorities in hierarchical structures," J. Math.

- Psychol., vol. 15, no. 3, pp. 234–281, Jun. 1977.
- [58] C. Ayala, Ø. Hauge, R. Conradi, X. Franch, and J. Li, “Selection of third party software in Off-The-Shelf-based software development—An interview study with industrial practitioners,” *J. Syst. Softw.*, vol. 84, no. 4, pp. 620–637, Apr. 2011.
- [59] J. Nikoukaran and R. J. Paul, “Software selection for simulation in manufacturing: a review,” *Simul. Pract. Theory*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, Mar. 1999.
- [60] A. S. Andreou and M. Tziakouris, “A quality framework for developing and evaluating original software components,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 49, no. 2, pp. 122–141, Feb. 2007.
- [61] N. Bhargava, A. Aziz, R. Arya, A. Prof, and I. Technology, “Selection Criteria for Data Mining Software : A Study,” *Int. J. Comput. Sci. Issues*, vol. 10, no. 3, pp. 308–312, 2013.
- [62] J. P. Carvalho, X. Franch, C. Quer, and U. P. De Catalunya, “Determining criteria for selecting Software Components: Lessons Learned,” *Ieee Softw.*, p. 11, 2007.
- [63] J. Nikoukaran, V. Hlupic, and R. J. Paul, “A hierarchical framework for evaluating simulation software,” *Simul. Pract. Theory*, vol. 7, no. 3, pp. 219–231, May 1999.
- [64] V. F. P and R. Chalmeta, “E-BUSINESS SOFTWARE EVALUATION.”
- [65] M. Sarraab and O. M. H. Rehman, “Empirical study of open source software selection for adoption, based on software quality characteristics,” *Adv. Eng. Softw.*, vol. 69, pp. 1–11, Mar. 2014.
- [66] Xavier Franch and Juan Pablo Carvalho, “Using Quality Models in software package selection,” *Ieee Softw.*, vol. 20, pp. 34–41, 2003.
- [67] P. Y. K. Chau, “Factors used in the selection of packaged software in small businesses: Views of owners and managers,” *Inf. Manag.*, vol. 29, pp. 71–78, 1995.
- [68] I. Gorton, A. Liu, and P. Brebner, “Rigorous evaluation of cots middleware technology,” *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 36, no. 3, pp. 50–55, Mar. 2003.