

Soft computing aplicado en el control de la ejecución de proyectos

Soft Computing applied to the Project Execution Control

Anié Bermudez Peña¹, Roberto Delgado Victore¹, Ihosvany Rodríguez González²

¹ Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, {abp,robertodv}@uci.cu

² Centro Nacional de Biopreparados (BioCen), Cuba, ihosvany@biocen.cu

RESUMEN

La gerencia de proyectos requiere de herramientas informáticas eficientes, que le permitan planificar y controlar el desarrollo de los proyectos aplicando técnicas de diagnóstico y pronóstico. Con la intención de evaluar un proyecto se analizan un conjunto de indicadores claves de gestión para medir el rendimiento de la ejecución, la planificación, los costos, la eficacia, los recursos humanos, la calidad del dato y la logística. Diversas herramientas informáticas asisten a los gerentes durante el control de la ejecución de proyectos. Sin embargo, aún son insuficientes en la precisión con que proponen la evaluación de proyectos en organizaciones con mejora continua en los estilos de gestión y presencia de incertidumbre en los datos primarios. Una alternativa de solución es la inclusión de técnicas de *soft computing* en las herramientas de gestión, lo cual permite ganar en robustez, eficiencia y adaptabilidad. El trabajo presenta un sistema basado en técnicas de *soft computing* para apoyar el control de la ejecución de proyectos. El resultado alcanzado brinda un aporte hacia el perfeccionamiento de herramientas de apoyo a la toma de decisiones existentes en organizaciones orientadas a proyectos.

Palabras clave: gestión de proyectos; *soft computing*; toma de decisiones.

ABSTRACT

Project management requires efficient tools which allow them to plan and control the development of projects using techniques of diagnosis and prognosis. In order to evaluate a project, a set of key performance indicators are discussed such as measures of the performance of execution, planning, costs, effectiveness, human resources, data quality and logistics. Several automated tools assist managers during projects execution control. However, they are still insufficient in accurately assessing projects in organizations with continuous improvement in management styles and presence of uncertainty in the primary data. An alternative solution is the introduction of soft computing techniques in management tools, allowing gaining in robustness, efficiency and adaptability. This paper presents a soft computing based system proposes to support the projects execution control. The obtained result will provide a contribution to the improvement of tools to support the decision-making in projects management organizations.

Keywords: decision-making; project management; soft computing.

1. INTRODUCCIÓN

En la medida que la ciencia y la técnica se desarrollan e inciden en el avance de la informática y las comunicaciones, se hace necesario aplicar técnicas de organización y dirección acordes con el desarrollo actual, creando las condiciones para lograr proyectos de alta calidad. El entorno actual requiere de un desarrollo armónico entre las tecnologías, los recursos y los sistemas integrales de dirección con el objetivo de obtener proyectos competitivos de alta calidad. No es posible dirigir proyectos donde se hace uso de tecnologías de avanzada empleando sistemas de dirección obsoletos.

La aplicación apropiada de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas tiene un impacto significativo en el éxito de los proyectos (PMI, 2017). La gerencia requiere de herramientas informáticas eficientes, que le permitan planificar y controlar los proyectos, así como desarrollar técnicas de evaluación

del comportamiento del proyecto en la etapa de ejecución, para la toma de decisiones, aplicando técnicas de diagnóstico y pronóstico.

En la dirección por proyecto, el proceso de control de ejecución por cortes es uno de los más importantes debido al nivel de información que genera y a su incidencia en la toma de las decisiones, necesarias para lograr los objetivos del mismo, en el menor plazo de tiempo, en el marco del presupuesto, con el apoyo logístico y la calidad requerida por el cliente y las partes interesadas (Delgado, 2011). Un proyecto bien planificado, con evaluaciones por fechas de corte y estudio de alternativas, facilita las tareas de dirección durante el control de la ejecución. El proceso de control de la ejecución se encarga de medir, supervisar y evaluar regularmente el avance del proyecto a través de indicadores claves de rendimiento, a fin de identificar las variaciones respecto al plan, de tal forma que se tomen medidas correctivas cuando sea necesario.

El control de la ejecución de proyectos se relaciona con el manejo de datos numéricos y lingüísticos, ruido provocado por errores de medición, apreciación de las personas, así como vaguedad en los conceptos para la toma de decisiones. Las insuficiencias en el manejo de estos datos y la incorrecta evaluación de proyectos, provocan innumerables pérdidas económicas con elevado impacto social. Entre las principales causas de fracaso en esta área, se pueden citar la falta de conocimiento de buenas prácticas, la poca experiencia en el control y seguimiento de proyectos; así como las debilidades en las herramientas para la evaluación automática o semiautomática de proyectos y las dificultades en el tratamiento de la ambigüedad e incertidumbre de los datos.

Numerosas herramientas informáticas han sido creadas en las últimas décadas para asistir a los directores de proyectos en la toma de decisiones durante el control de la ejecución (Stang, 2014). Aunque muchas satisfacen las necesidades de sus clientes, no todas aportan soluciones a los problemas de evaluación automática de proyectos en organizaciones con mejora continua en los estilos de gestión y presencia de incertidumbre en los datos primarios.

Una alternativa de solución a los problemas antes mencionados, es la introducción de técnicas de *soft computing*, las cuales aportan a las herramientas informáticas una aproximación al razonamiento humano, a través de la utilización del conocimiento y la experiencia acumulada. Bajo este principio, los sistemas de inferencia borrosos, las redes neuronales artificiales, la computación evolutiva, el razonamiento probabilístico, así como las combinaciones de ellas, son considerados técnicas de *soft computing* (Zadeh, 1994). La hibridación de varias de estas técnicas permite ganar en robustez, eficiencia, adaptabilidad y equilibrio adecuado entre poder de predicción e interpretación. Estudios comparativos de diferentes técnicas de *soft computing* aplicadas en la toma de decisiones muestran buenos resultados (Kelemen, 2002).

En los últimos años, investigaciones como las presentadas en (Bath, 2010) (Li, 2010) (Gao, 2010) (Mewada, 2013) (Menzies, 2013) han sugerido soluciones basadas en minería de datos, inteligencia artificial y *soft computing*, útiles para la gestión de proyectos.

Desarrollada por el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), la Suite de Gestión de Proyectos Xedro-GESPRO, es un ecosistema de software genérico y adaptable, capaz de asistir a los usuarios en la gestión de los proyectos de cualquier tipo de organización. Entre otros escenarios, GESPRO se ha implantado en la red de centros productivos de la UCI como solución integral para la gestión de los proyectos de software que en ella se desarrollan. El sistema informático está alineado con los estándares propuestos por el *Project Management Institute* (PMI, 2017) y el *Software Engineering Institute* (SEI, 2010), brindando las interfaces adecuadas para que los usuarios introduzcan al sistema la información sugerida por estos modelos, acorde con las necesidades y niveles de madurez específicos de cada organización.

GESPRO permite gestionar portafolios de proyectos con sus respectivos cronogramas de ejecución y controlar el avance de los mismos. Lo anterior se logra mediante el cálculo automático de un conjunto de indicadores claves de rendimiento que reflejan el comportamiento de los proyectos, destacando los problemas y las causas que los originan, para sobre ellas, tomar decisiones a partir de una estrategia de prioridades previamente establecida. En GESPRO se aplica un modelo para el control de la ejecución de proyectos utilizando indicadores y lógica borrosa. Sin embargo, al igual que sucede con las restantes herramientas informáticas para la gestión de proyectos existentes, GESPRO presenta insuficiencias en la

adaptación y el aprendizaje automático, lo cual afecta la calidad de la clasificación para la evaluación de proyectos y por tanto la toma de decisiones.

El presente trabajo expone los elementos necesarios para aplicar técnicas de *soft computing* en la evaluación de proyectos mediante el uso de herramientas y lenguajes de programación libres y de código abierto, fomentando de esta manera la independencia tecnológica en organizaciones orientadas a proyectos. En las siguientes secciones se abordan: los indicadores utilizados para la evaluación de proyectos, los sistemas de inferencia borrosos y las redes neuronales artificiales; así como el proceso sugerido para realizar el aprendizaje y los elementos fundamentales del sistema basado en técnicas de *soft computing* propuesto para el control de la ejecución de proyectos.

2. METODOLOGÍA

Indicadores para la evaluación de proyectos

Los indicadores de gestión son medidas utilizadas a lo largo del ciclo de vida de un proyecto para determinar su éxito. Estos se controlan según los cortes planificados del proyecto y permiten evaluar el desempeño e identificar las desviaciones del plan.

El cálculo automático de indicadores para la gestión de proyectos en las organizaciones, garantiza la calidad en la etapa de selección, asegurando la coherencia de los datos necesarios para el inicio de los procesos de aprendizaje. Los indicadores utilizados para la evaluación de proyectos se relacionan con los calculados automáticamente por el modelo de (Lugo, 2016). Estos reflejan el rendimiento de los proyectos en torno a las principales áreas de conocimiento que se gestionan con ayuda de la herramienta GESPRO, ver Tabla 1. Los indicadores juegan un papel fundamental a la hora de efectuar la evaluación de un proyecto determinado pues son la fuente de conocimiento a utilizar para dicho proceso.

Tabla 1. Principales indicadores calculados por GESPRO para el control de los proyectos según las áreas de conocimiento claves (Lugo, 2016).

Indicadores	Áreas de conocimiento de la gestión de proyectos
Índice de rendimiento de la ejecución (IRE)	Gestión del alcance y los compromisos
Índice de rendimiento de la planificación (IRP)	Gestión de tiempo
Índice de rendimiento de los costos (IRC)	Gestión de costos
Índice de rendimiento de la eficacia (IREF)	Gestión de alcance y calidad
Índice de rendimiento de los recursos humanos (IRRH)	Gestión de recursos humanos
Índice de rendimiento de la logística (IRL)	Gestión de logística
Índice de calidad del dato (ICD)	Consistencia de la información

A continuación, se expone la síntesis de cada indicador gestionado con GESPRO:

- IRE: relación entre la sumatoria del impacto de los hitos de ejecución cerrados y la sumatoria del impacto de los hitos de ejecución del proyecto planificados hasta la fecha de corte.
- IRP: muestra el estado de avance del proyecto. Relación entre la sumatoria de los por cientos de ejecución real y la sumatoria de los por cientos de ejecución planificado de cada una de sus tareas según la fecha de corte.
- IRC: muestra el estado del presupuesto del proyecto. Relación entre el costo planificado del proyecto y el costo real según la fecha de corte.
- IREF: muestra el estado de la eficacia del proyecto, dada por el análisis de la relación entre la realización de sus requisitos, la evaluación de sus tareas teniendo en cuenta la prioridad y sus no conformidades.
- IRRH: muestra el estado del desempeño del recurso humano en torno al desarrollo, impacto y prioridad de las tareas asignadas.

- IRL: propone el análisis en torno al movimiento de recursos materiales asociados al proyecto, desde los proveedores hasta el usuario final.
- ICD: propone el análisis de la completitud y correcta entrada de los datos a la herramienta de gestión de proyectos.

Para el cálculo de los indicadores antes mencionados se utiliza un sistema de inferencia borroso de tipo Sugeno Grado Cero (Takagi, 1985). Este sistema propone una base de 27 reglas basada en el juicio de expertos. Para su representación y construcción se utilizan tres funciones de pertenencia que cubren, para cada indicador, los conjuntos borrosos Bajo, Medio y Alto.

Técnicas de *soft computing* a utilizar

Dentro de las técnicas de *soft computing* se sugiere aplicar una combinación de los sistemas de inferencia borrosos (SIB) y las redes neuronales artificiales (RNA).

Los sistemas de inferencia borrosos basados en redes neuronales, tratados también como sistemas neuro-borrosos (SNB), utilizan una combinación de los paradigmas de la lógica borrosa y las RNA. Por un lado, las RNA persiguen simular la capacidad de razonamiento humano a través de su estructura y organización; aprovechando su capacidad de aprendizaje y habilidad de generalización. Mientras que los SIB permiten expresar el conocimiento de un humano "experto" mediante reglas *If-then* simples, descritas en lenguaje natural. Los SNB surgieron de la necesidad de obtener y ajustar los parámetros de los SIB, ya sean sus conjuntos o sus reglas, mediante un método formal que no esté basado únicamente en el conocimiento humano o en la prueba y error (Nauck, 1993).

Los SNB de tipo híbrido presentan una arquitectura unificada, siendo su fundamento, la interpretación de la base de reglas en términos de una RNA, donde las variables de entrada, salida y las reglas son vistas como neuronas del modelo. Para su aplicación se requiere del conjunto de funciones de pertenencia y las reglas borrosas iniciales, así como de una cota de error que permita detener el aprendizaje.

Sistema de inferencia borroso basado en redes neuronales

Para el desarrollo de la investigación se propone utilizar RStudio como entorno de desarrollo integrado de programación con lenguaje R (RStudio, 2018). Este es libre, de código abierto, tiene una interfaz de usuario intuitiva con potentes herramientas de codificación y provee un conjunto de paquetes que permiten aplicar técnicas de redes neuronales artificiales e inferencia borrosa útiles en la evaluación de proyectos.

El paquete FRBS (sistemas basados en reglas difusas) se basa en el concepto *fuzzy* propuesto por Zadeh y representa el razonamiento de los expertos humanos en reglas de producción (*If-then*) para manejar diversos problemas de la vida real (Septem, 2016).

Para el aprendizaje del sistema de inferencia que brinda la evaluación del proyecto a partir de los indicadores claves se propone utilizar la función *frbs.learn*, del paquete FRBS, con el método ANFIS. *Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System* (ANFIS) fue uno de los primeros modelos neuro-borrosos de tipo híbrido (Jang, 1993); se basa en un SIB tipo Sugeno que utiliza un algoritmo de aprendizaje inspirado en la teoría de las redes neuronales multicapa *feedforward* para ajustar los parámetros de sus funciones de pertenencia. Las capacidades adaptativas de las redes ANFIS las hacen aplicables a una gran cantidad de problemas, donde se conozca la clasificación de los datos, permitiendo la extracción de características a partir de ejemplos.

El proceso de aprendizaje o entrenamiento de la red neuronal se realiza a partir de un conjunto de casos de entrenamiento (pares de entrada-salida). Cada caso contiene los valores numéricos de los indicadores claves de gestión y las evaluaciones de proyectos recuperados de una base de datos de proyectos terminados proporcionado por GESPRO. Estos datos son sometidos a un proceso de selección, limpieza y transformación, con el objetivo de obtener una base de casos representativa. Los datos son divididos en dos conjuntos: uno para entrenar y otro para validar. En la Figura 1 se muestra un extracto del conjunto de entrenamiento a utilizar.

204 observations of 8 variables

	IRE	IRP	ICD	IRC	IRRH	IRL	IREF	EVAL
1	0.22472847	0.2902839	0.975	0.000	0.50450	0.000	0.3000000	0.50656813
2	0.50437234	0.5019529	0.975	0.000	0.79000	0.000	0.5405031	0.79886211
3	0.50000000	0.4748101	0.975	0.000	0.50550	0.000	0.5220513	0.52932733
4	0.50000000	0.5000000	0.975	0.000	0.78400	0.000	0.5119841	0.79271994
5	0.50000000	0.5000000	0.975	0.000	0.78400	0.000	0.5534084	0.79302658
6	0.49401725	0.4898933	1.000	0.880	0.50875	0.000	0.6994402	0.53425448
7	0.48144080	0.4854077	0.975	0.970	0.50775	0.000	0.5014196	0.53092652
8	0.00000000	0.0000000	0.000	0.000	0.00000	0.000	0.0000000	0.00000000
9	0.49896244	0.4957264	0.975	0.000	0.79150	0.000	0.5568627	0.79988795
10	0.47700000	0.4581777	0.975	1.255	0.50275	0.000	0.5085470	0.52489865
11	0.00000000	0.3011680	0.975	0.000	0.50050	0.000	0.5652174	0.49525043
12	0.51372687	0.5141219	0.975	0.000	0.80350	0.000	0.5333333	0.81246732
13	0.51384483	0.51383185	0.975	0.000	0.80350	0.000	0.5333333	0.81246732

Figura 1. Extracto del conjunto de casos de entrenamiento.

Para ejecutar la función *frbs.learn* en RStudio se requiere: una matriz con los casos de entrenamiento (Figura1), una matriz con los rangos de cada variable (valor mínimo y máximo de cada indicador y de la salida), el método de aprendizaje (ANFIS en este caso) y los parámetros de control (número de conjuntos borrosos, cantidad de iteraciones máxima y el tamaño de paso para el gradiente descendente).

Los conjuntos borrosos abordados en los antecedentes de las reglas son Bajo, Medio y Alto para cada indicador mostrado en la Tabla 1. Los consecuentes son los parámetros lineales de la salida del SIB, correspondientes a la evaluación numérica del proyecto.

Una vez entrenado el sistema se realiza la validación con un conjunto de datos diferente a los utilizados para el entrenamiento y se verifica su cercanía a la salida esperada.

En la Figura 2 se muestra el esquema del proceso antes descrito, propuesto para la aplicación del sistema de inferencia borroso basado en redes neuronales en la optimización de la evaluación de proyectos.

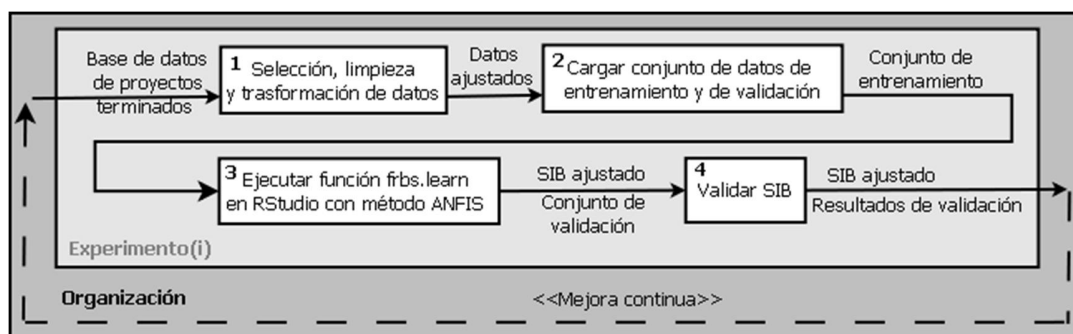


Figura 2. Proceso para aplicar un SNB con RStudio en la evaluación de proyectos.

Siguiendo el flujo de actividades de la Figura 2 se recomiendan realizar varios experimentos con diferentes parámetros de entrenamiento para seleccionar el SIB que más se ajuste y así optimizar la evaluación de proyectos. Para ello se recomienda realizar un análisis comparativo de las clasificaciones obtenidas en cada experimento con el SIB ajustado según ANFIS y la salida esperada. La métrica a utilizar para medir la calidad de la clasificación o nivel de optimización en la evaluación de proyectos es la exactitud predictiva: cantidad de proyectos clasificados correctamente dividido por la cantidad de proyectos utilizados en la validación del entrenamiento. Se considera que el experimento más idóneo es el que obtenga errores de entrenamiento y validación más pequeños y una exactitud predictiva mayor.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las técnicas de *soft computing* abordadas en la sección anterior se han aplicado en varios entornos de desarrollo obteniendo buenos resultados. Con el entorno de desarrollo RStudio se pretende obtener iguales resultados y aportar como ventaja la utilización de software libre. En GESPRO se muestran los indicadores y la evaluación del proyecto en un cuadro de mando integral soportado por un sistema de colores y texto que indican la evaluación. Se incluyen una explicación de la inferencia basada en la respuesta del sistema respecto a la certidumbre en la inferencia de cada clase, como se muestra en la Figura 3.

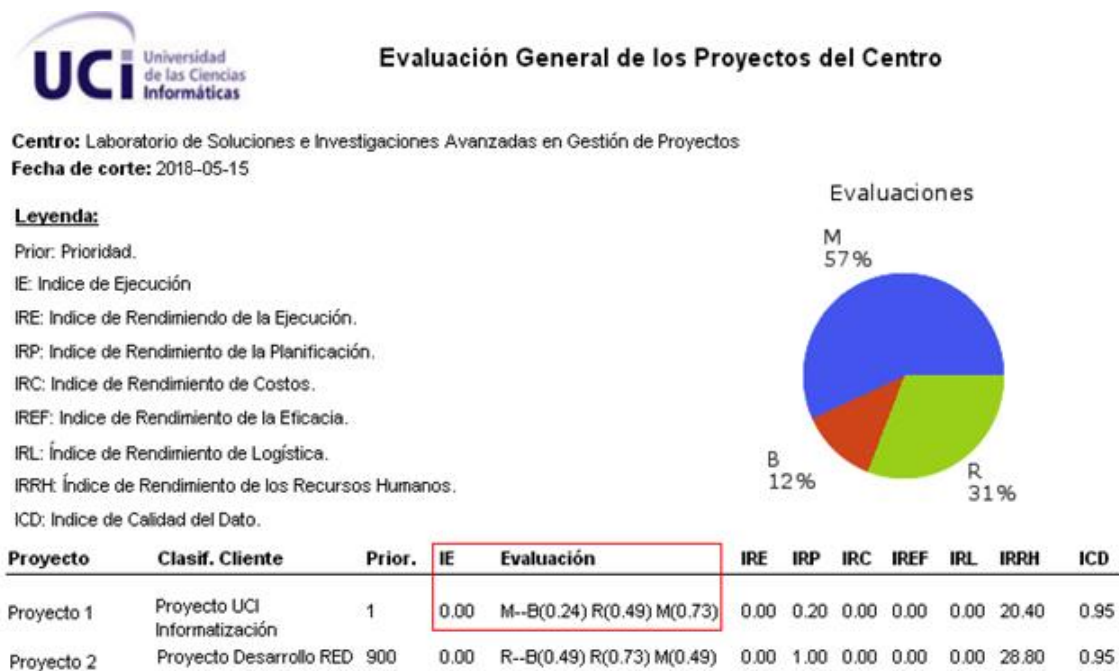


Figura 3. Vista de evaluación de proyectos mediante GESPRO.

Las evaluaciones que se obtienen por la aplicación del proceso propuesto permiten tomar decisiones oportunas a un menor costo y esfuerzo humanos, sin necesidad de calcular manualmente un cúmulo de fórmulas que se requieren para gestionar los proyectos por la vía tradicional.

Para el aprendizaje se utiliza una base de casos con la siguiente distribución: 63 proyectos evaluados de Bien (31%), 92 de Regular (45%) y 49 de Mal (24%); no contiene valores nulos o fuera de rango. La base de proyectos se divide de forma aleatoria en 20 particiones diferentes. Cada partición dispone del 75% de los 204 casos para entrenar y el 25% restante para validar. Dichas particiones de la base de casos se utilizan en el procedimiento de validación cruzada de los experimentos, realizando 20 ejecuciones de cada técnica de *soft computing*.

Los resultados obtenidos con la ejecución de cada técnica en las 20 particiones de datos permiten comparar el desempeño de los algoritmos, teniendo en cuenta las siguientes variables: porcentaje de clasificaciones correctas, cantidad de falsos positivos, cantidad de falsos negativos, MSE, RMSE y SMAPE. A continuación, se expone un extracto de las diferentes formas de validación aplicadas en la presente investigación.

En total, en la investigación, se aplican 7 algoritmos basados en técnicas de *soft computing* disponibles en el paquete FRBS con el objetivo de comparar sus resultados. Estos son: ANFIS (*Adaptive-Neural-based Fuzzy Inference System*), WM (Wang y Mendel), HYFIS (*Hybrid neural Fuzzy Inference System*), FIR.DM

(Fuzzy Inference Rules by Descent Method), FS.HGD (Fuzzy System by Heuristics and Gradient Descent), GFS.THRIFT (Genetic Fuzzy Systems based on Thrift's technique), GFS.LT.RS (Genetic Fuzzy Systems by Lateral Tuning and Rule Selection).

En la Figura 4 se muestra de forma gráfica el comportamiento de los 7 algoritmos con respecto al error porcentual de la media absoluta simétrica (SMAPE). Se puede apreciar que ANFIS obtiene los valores mayores.

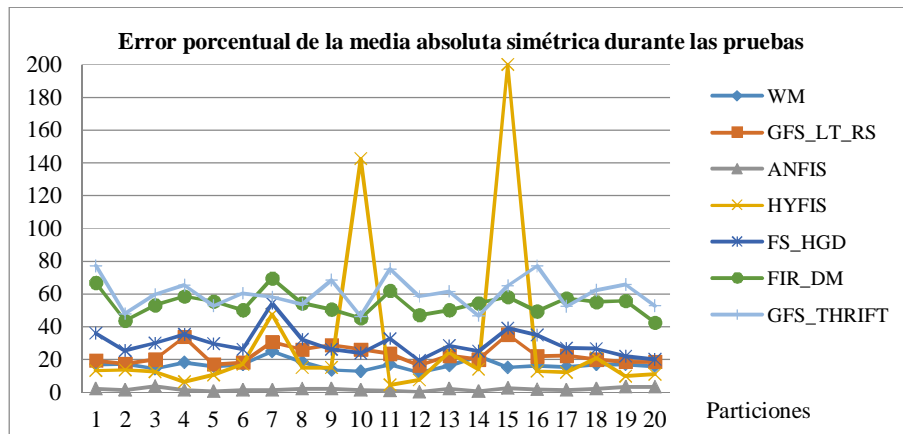


Figura 4. Error porcentual de la media absoluta simétrica obtenido con cada técnica sobre las 20 particiones del conjunto de datos de prueba.

Finalmente se pudo constatar que la técnica ANFIS genera el mejor sistema para la evaluación de proyectos. El Test de Wilcoxon demuestra que ANFIS obtiene resultados significativamente mejores que el resto de los algoritmos aplicados. En este trabajo se ha mostrado de forma gráfica como ANFIS alcanza los mejores resultados respecto a la correlación de las variables: clasificaciones correctas, falsos negativos y SMAPE.

Con la integración del método propuesto en la plataforma GESPRO, se benefician un total de 5 empresas y 14 centros de desarrollo de tecnologías de la información, donde se gestionan aproximadamente 200 proyectos anualmente. Resultan favorecidos un promedio de 5000 usuarios de la herramienta, con diferentes niveles de especialización y roles. Por otra parte, gracias al uso del método, la toma de decisiones con ayuda de la herramienta GESPRO se realiza en la actualidad de forma íntegra, ágil y cómoda, elevando la calidad de vida de los usuarios.

Otra de las ventajas de la propuesta radica en el uso de software libre como requisito para alcanzar la soberanía tecnológica, lo cual ayuda a garantizar el desarrollo nacional de manera integral y sustentable. El entorno computacional y funcionalidades desarrolladas sobre tecnologías de software de código abierto promueven y reflejan estos preceptos. Esto implica las siguientes ventajas para la herramienta de gestión: dominio pleno de las funcionalidades, detección de errores y correcciones a tiempo, mejora continua sobre la base del desarrollo colaborativo.

Por último, desde la perspectiva económica, el impacto de la propuesta se sustenta en el ahorro que supone tomar mejores decisiones con la información brindada por el método propuesto para el control. Así como, ahorro de recursos, exportación de bienes y servicios útiles para el desarrollo de la sociedad de forma general.

De esta manera, la industria cubana de la producción y los servicios podría efectuar el control y seguimiento de sus organizaciones y proyectos de forma clara y objetiva. Índices claves tan demandados por la industria moderna como son la eficiencia, eficacia, costos, logística y el rendimiento de los recursos humanos, serían posibles de obtener aplicando el sistema propuesto hacia el control automatizado.

4. CONCLUSIONES

El artículo muestra los elementos fundamentales de un sistema de inferencia borroso basado en técnicas de *soft computing* para el control de la ejecución de proyectos utilizando software libre. A partir de la investigación desarrollada se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- La evaluación de proyectos es una tarea compleja que involucra vaguedad en los conceptos e incertidumbre en la información, situación donde el uso de técnicas de *soft computing* arroja buenos resultados.
- Los sistemas neuro-borrosos aplicados en herramientas informáticas para la gestión de proyectos como GESPRO, permiten elevar la calidad y competitividad de los productos desarrollados, dotándolos de un alto valor agregado.
- El empleo de técnicas de *soft computing* para la evaluación de proyectos, incrementa la adaptabilidad de las organizaciones ante los cambiantes estilos de gestión provocados por la madurez alcanzada durante la mejora continua.
- El resultado alcanzado brinda un aporte hacia el perfeccionamiento de herramientas de apoyo a la toma de decisiones existentes en organizaciones orientadas a la producción por proyectos.

Como continuidad de la investigación, se exhorta actualizar la base de casos y ejecutar el método propuesto cada seis meses para lograr la adaptación de la evaluación de proyectos según la mejora continua alcanzada por la organización. Para trabajos futuros se recomienda aplicar técnicas de aprendizaje no supervisado que permitan construir y ajustar el sistema de evaluación de proyectos sin requerir la intervención de expertos humanos en la clasificación de los casos de entrenamiento.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bath, M. (2010). Project Classification Using Soft Computing. *International Conference on Advances in Computing, Control & Telecommunication Technologies*, (págs. 537-539).
- CMMI Product Team. (2010). *CMMI for Development, Version 1.3* (Vols. Technical Report CMU/SEI-2010-TR-033). Pittsburgh, Pennsylvania: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Obtenido de <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=9661>
- Delgado, R. (2011). *La Dirección Integrada de Proyecto como Centro del Sistema de Control de Gestión en el Ministerio del Poder Popular para la Comunicación y la Información*. Caracas, Venezuela: CENDA.
- Gao, H. (2010). A fuzzy-ANP approach to project management performance evaluation indices system. *International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management* (págs. 273-277). IEEE.
- Jang, J. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference Systems. *IEEE Transaction Systems Man & Cybernetics*, 23, 665-685.
- Kelemen, A. L. (2002). A comparative study of different machine learning approaches for decision making. *Recent Advances in Simulation, Computational Methods and Soft Computing*, (págs. 181-186).
- Li, S. (2010). Application of Organizational Project Management Maturity Model Based on BP Neural Network. *International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)*, (págs. 2656-2660).
- Lugo, J. (2016). Modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en soft computing. *Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas*. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana.
- Menzies, T. e. (2013). Learning Project Management Decisions: A Case Study with Case-Based Reasoning versus Data Farming. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 39(12), 1698-1713.
- Mewada, K. S. (2013). Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Based Software Evaluation. *IJCSI/ International Journal of Computer Science*, 10(1), 244-250.

- Nauck, D. K. (1993). Combining Neural Networks and Fuzzy Controllers. *8th Austrian Artificial Intelligence Conference*, (págs. 35-46).
- PMI. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK® Guide* (6 ed.). Pennsylvania, EE.UU.: Project Management Institute.
- RStudio. (2018). About RStudio. Boston, Massachusetts. Obtenido de www.rstudio.com
- Septem, L. (2016). FRBS: Fuzzy rule-based systems. Obtenido de <http://sci2s.ugr.es/dicits/software/FRBS>
- Stang, D. (2014). *IT Project & Portfolio Management Magic Quadrant*. Stanford: Gartner Inc.
- Takagi, T. (1985). Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 15(1), 116-132.
- Zadeh, L. (1994). Fuzzy logic, neural networks and soft computing. *Communications of the ACM*, 37(3), 77-84. doi:10.1145/175247.175255

SOBRE LOS AUTORES

Anié Bermudez Peña: Ingeniera en Ciencias Informáticas. Profesora Asistente, Master en Gestión de Proyectos Informáticos y estudiante de Doctorado en Informática. Centro de Consultoría y Desarrollo de Arquitecturas Empresariales. Investiga en temas relacionados con la Inteligencia Artificial y Gestión de Proyectos. Miembro de la Red Iberoamericana de Ingeniería de Proyectos.

Roberto Delgado Victore: Profesor Titular, Doctor en Ciencias Técnicas, Consultor en Dirección Integrada de Proyecto. Pertenecer al Centro de Consultoría y Desarrollo de Arquitecturas Empresariales, UCI y CUJAE. Miembro del tribunal nacional de doctorado.

Ihosvany Rodríguez González: Licenciado en Cibernética-Matemática. Jefe de Informática del Centro Nacional de Biopreparados (BioCen). Durante 15 años miembro del consejo científico de la institución. Investigador Agregado. Estudiante de la Maestría en Informática Avanzada y continúa con el doctorado en la línea de Inteligencia Artificial sobre Web Semántica aplicada a la industria Biofarmacéutica.