

**II Conferencia Internacional de Procesamiento de la Información
“CIPI 2019”**

**Evaluación de Indicadores Claves de Rendimiento con Lógica Difusa
en el software de gestión empresarial BIMAS**

*Evaluation of Key Performance Indicators with Fuzzy Logic in the
business management software BIMAS*

**Francisco J. Peña Veitía¹, Elieser E. Bello¹, Gheisa L. Ferreira Lorenzo^{2,3}, Rafael
E. Bello Pérez², Ana M. García Pérez¹**

1-Empresa de Desarrollo de Software DESOFT, Villa Clara, Cuba, (franciscoj.pena,
elieser.bello, anamaria.garcia)@desoft.cu

2- Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, (gheisa, rbellop)
@uclv.edu.cu

3- Universidad Metropolitana del Ecuador, UMET, Ecuador, gheisa.lucia@gmail.com

Resumen: BIMAS es una solución informática para la gestión del seguimiento a indicadores de desempeño empresarial. Este producto ha sido desarrollado y comercializado por la empresa cubana DESOFT. El sistema evalúa en Bien, Regular o Mal los valores de los indicadores comparándolos con rangos definidos por los usuarios. Esta evaluación no considera otros aspectos que pueden ser importantes, constituyendo una manera rígida de evaluación. En este trabajo se diseñó e implementó un sistema de inferencia borroso para la evaluación de los indicadores claves de rendimiento, con el objetivo de relacionar aspectos subjetivos y objetivos que caracterizan el desempeño de los procesos en las organizaciones. Se tomaron como términos el porcentaje de cumplimiento y el período temporal de evaluación de cada indicador debido a que se encuentran estrechamente relacionados. Los resultados obtenidos demuestran que con la utilización de la lógica difusa se obtienen evaluaciones más flexibles y cercanas a la realidad, brindando a los decisores información más confiable respecto a sus organizaciones. Este modelo será incorporado al producto de software BIMAS.

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Palabras Clave: Lógica difusa, Indicadores claves de rendimiento, Sistema de inferencia borroso, Lenguaje de control borroso.

Abstract: *BIMAS is a computer solution for performance management and business intelligence. This product has been developed and marketed by the Cuban company DESOFT. The key performance indicators presented in this solution are evaluated in a rigid manner through user-defined ranges. In this work a fuzzy inference system was designed and implemented for the evaluation of key performance indicators, with the aim of relating subjective and objective aspects that characterize the performance of processes in organizations. The percentage of compliance and the evaluation period of each indicator were taken as terms because they are closely related. The results obtained show that with the use of fuzzy logic, more flexible and closer-to-reality evaluations are obtained, providing decision-makers with more reliable information regarding their organizations. This model will be incorporated into the BIMAS software product.*

Keywords: *Fuzzy logic, Key performance indicators, Fuzzy inference system, Fuzzy control language.*

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Desarrollo:

En la actualidad, la dinámica de los negocios está avanzando rápidamente en la misma medida que va evolucionando su necesidad técnica de adaptarse científicamente a las exigencias de un mercado complejo y en constante cambio. Esto requiere de metodologías y herramientas que aseguren el éxito inmediato, a mediano y largo plazo. El Cuadro de Mando Integral (CMI) o *Balance Scorecard* desarrollado por (Kaplan and Norton, 1992) es una herramienta utilizada en la Inteligencia de Negocios (Rud, 2009). En este sentido, dentro de los CMI, los Indicadores Claves de Rendimiento (KPI, *Key Performance Indicators*); constituyen un aspecto importante a tener en cuenta en el desarrollo de cualquier modelo de negocio actual que ayudan a los directivos en la toma de decisiones para saber si se alcanzan los objetivos estratégicos y con ello el éxito de la empresa.

Por otra parte, los softwares de Inteligencia de Negocio cada día utilizan de manera más frecuente técnicas y algoritmos de Inteligencia Artificial (IA). Se hace necesario el empleo de las técnicas de IA considerando que los procesos de toma de decisiones más complejos son típicamente no estructurados, es decir, no existen reglas o procedimientos que determinan qué decisión tomar en el caso de la existencia de diferentes alternativas (Espin, 2014). Como parte de la IA y las Matemáticas, y buscando una mayor flexibilidad y naturalidad para manejar la incertidumbre inherente a los dominios de aplicación, la lógica difusa (Zadeh, 1965) es utilizada para construir modelos para la toma de decisiones, entre ellos los Sistemas de Inferencia Borrosa (SIB) (Kosko, 1995), (Lai and Hwang, 1994). Tal es el caso que se menciona en (Mohamed, 2013) donde se toma como eje del modelo las relaciones entre los objetivos estratégicos de la empresa. Otras ideas similares aparecen en (Espinal *et al.*, 2015), (Perea *et al.*, 2016) y (Restrepo and Vanegas, 2015). Sin embargo, en los casos mencionados anteriormente no se considera el período en que se está evaluando el indicador. Este es un punto clave a tener en cuenta, ya que un mismo indicador puede tener distintas consideraciones y evaluaciones dependiendo del período en que se debe evaluar; esta evaluación dependerá en gran medida también de la fase de ese período por el que transcurre el indicador.

La empresa cubana de software DESOFT desarrolla y comercializa el producto de software BIMAS (Cárdenas Tandrón and Sánchez Alba, 2015), que permite implementar

Información de contacto
gheisa.lucia@gmail.com

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



diferentes CMI en una organización. En la herramienta, los indicadores claves de rendimiento han sido evaluados de manera rígida a través de escalas definidas por los usuarios. Esto ha provocado que se obtengan resultados, en múltiples casos, alejados a la realidad, al no considerar el momento en el tiempo en que se realiza la evaluación. En lugar de esa evaluación, el objetivo que se pretende es evaluar los KPI utilizando los valores cualitativos BIEN, REGULAR y MAL, pero modelados como variables lingüísticas en un SIB. Se tomarán como medidas el porcentaje de cumplimiento y el período de evaluación de cada indicador, ya que estas se encuentran estrechamente relacionadas. Esto facilitará información al decisor, con la que podrá evaluar los objetivos estratégicos y perspectivas de su organización.

Para el desarrollo del trabajo se utilizan conceptos básicos de la lógica difusa, teoría formalizada en (Zadeh, 1965), específicamente los Sistemas de Inferencia Borrosos (SIB) y Lenguajes de Control Borroso.

Para la construcción del SIB en este problema, se procede al análisis de las principales variables presentes y sus relaciones. En la evaluación de los KPI existen dos variables que son importantes para emitir una evaluación. Estas variables son:

- **PORCIENTO_CUMPLIMIENTO**, que describe respecto a un plan de cumplimiento, qué porcentaje de ese indicador se ha logrado en **MUY_BAJO**, **BAJO**, **MEDIO** y **ALTO**.
- **TIEMPO_EJECUCION**, que describe, para un período de evaluación acotado en una fecha de inicio y una fecha de fin, en qué momento de ese período se está evaluando el KPI en **INICIO**, **MEDIO** y **FIN**.

La relación entre las dos variables puede dar una evaluación de cómo se encuentra el KPI, formulando la variable **EVALUACIÓN** para que tome los valores de **BIEN**, **REGULAR** o **MAL**. Entonces, se definen las siguientes variables lingüísticas de entrada:

<**PORCIENTO_CUMPLIMIENTO**, [0;1], {**MUY_BAJO**, **BAJO**, **MEDIO**, **ALTO**}>

<**TIEMPO_EJECUCION**, [0; T], {**INICIO**, **MEDIO**, **FIN**}> donde **T** es la cantidad en días del período.

Luego fue definida la variable lingüística de salida:

<**EVALUACIÓN**, {1, 2, 3}, {**BIEN**, **REGULAR**, **MAL**}>

Información de contacto
gheisa.lucia@gmail.com

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Suponiendo que la planificación realizada en la empresa, para cada indicador es aceptable, y de acuerdo a los estudios de comportamiento de dichas variables lingüísticas, se logró una generalización parcial para los KPI que cuentan con un plan de cumplimiento, donde se pudo observar que:

1. Mientras más cercanos estén los valores de **por ciento de cumplimiento y tiempo de ejecución**, mejor será la evaluación del KPI.
2. Mientras el valor de **por ciento de cumplimiento** sea mejor que el del **tiempo de ejecución**, la evaluación del KPI será favorable.
3. Por el contrario, si el valor del **por ciento de cumplimiento** es peor que el del **tiempo de ejecución**, la evaluación del KPI será desfavorable.
4. Debido a la variada naturaleza del comportamiento de los indicadores al exceder la planificación, o sea al sobrepasar el 100%, se decide acotar en esta fase de la investigación el valor del **por ciento de cumplimiento** al 100%, de modo que si algún indicador sobrepasa el 100% será evaluado como si tuviera un 100% de cumplimiento.

Siguiendo la descripción y el comportamiento anterior, se definen las reglas borrosas en la forma SI-ENTONCES.

Luego de haber implementado el SIB en FCL, se pasó a la implementación del controlador en Java utilizando la biblioteca jFUzzyLogic.

Diseñando un experimento sencillo, pero que demuestra la efectividad del modelo, se puede apreciar que para escalas rígidas fijadas por el usuario los resultados de la evaluación de los KPI tienden a ser más estrictos. Por la evaluación del SIB los resultados son mejores, dando al decisor una perspectiva más cercana a la realidad.

Para la validación de los resultados se recogieron 120 casos de los meses marzo, abril, mayo y junio del año 2017 del registro histórico del indicador “Ingresos por servicios” de la empresa DESOFT en la herramienta BIMAS con sus valores reales. Los casos fueron evaluados utilizando tres criterios: por la herramienta BIMAS actual, por un grupo de expertos usuarios avanzados en el uso de la herramienta y por el sistema de inferencia borroso.

Información de contacto
gheisa.lucia@gmail.com

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL "II CCI UCLV 2019"

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Se realizó una comparación para analizar el porcentaje de coincidencia entre la evaluación de los expertos, y la evaluación de la herramienta actual, obteniéndose un promedio 73% de coincidencias. La comparación entre los expertos y el SIB obtuvo un 83% de coincidencias, demostrando así una mejora considerable.

Conclusiones

La implementación del SIB en el software BIMAS permite mejorar los resultados de evaluar los KPI obteniéndose un promedio de un 83% de coincidencias entre los expertos y el SIB. Esta solución facilita la toma de decisiones en el ambiente empresarial.

El SIB implementado en FCL junto a un controlador en Java puede ser utilizado en cualquier ambiente Java que maneje información respecto a KPI donde se desee hacer una evaluación de estos, e incluso puede ser migrado hacia otros ambientes de software y hardware brindando así portabilidad.

Complementario a esta investigación se propone desarrollar una planificación inteligente para los valores de los KPI que de conjunto con la evaluación de los valores reales permita a los decisores obtener una evaluación general de la empresa haciendo uso de métodos de toma de decisiones multicriterios.

Referencias bibliográficas

Cárdenas Tandrón, I. and Sánchez Alba, L. (2015) "BIMAS, Solución de Gestión del Desempeño e Inteligencia Empresarial". Desoft Villa Clara, Cuba. doi: 1471-2013.

Cingolani, P. and Bldg, M. E. (2013) "jFuzzyLogic : a Java Library to Design Fuzzy Logic Controllers According to the Standard for Fuzzy Control Program", 6, pp. 61–75.

Espin, R. (2014) "Soft computing for business intelligence". Available at: <https://books.google.com.cu/books> (Accessed: 5 April 2018).

Espinal, K. *et al.* (2015) "Métrica difusa para la evaluación del desempeño en la gestión por procesos".

IEC (1997) "IEC 1131 - PROGRAMMABLE CONTROLLERS", pp. 1–53.

Kaplan, R. S. and Norton, D. P. (1992) 'The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance', Harvard Business Review. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/> (Accessed: 5 April 2018).

Información de contacto
gheisa.lucia@gmail.com

**II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



- Kosko, B. (1995) "Pensamiento borroso: la nueva ciencia de la lógica borrosa". Edited by 1995 Barcelona : Crítica.
- Lai, Y.-J. and Hwang, C. L. (1994) "Fuzzy multiple objective decision making : methods and applications". Springer-Verlag.
- Mohamed, A. (2013) 'Design of Prediction System for Key Performance Indicators in Balanced Scorecard', International Journal of Computer Applications, 72(8), pp. 10–14.
- Nauck, D. D, R. Kruse (1997). "A neuro-fuzzy method to learn fuzzy classification rules from data". Fuzzy and Set Systems. Vol. 89 N° 3, pp. 277-288. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00009-2](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00009-2)
- Perea, S.P., Castellanos, H., Valderrama, Y.J. (2016) "Estados financieros previsionales como parte integrante de un conjunto completo de estados financieros en ambiente NIIF. Una propuesta en el marco de la lógica difusa". Revista Actualidad Contable Faces. Vol. 19 N° 32, pp. 113-141. 2016. ISSN: 1316-8533.
- Restrepo, J.A. and Vanegas, J.G. (2015) "Internacionalización de las pymes: análisis de recursos y capacidades internas mediante lógica difusa". Revista Contaduría y Administración. Vol. 60, N° 4, pp. 836-863. ISSN: 0186-1042. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.07.008>
- Rud, O. P. (2009) "Business intelligence success factors : tools for aligning your business in the global economy". Joh Wiley & Sons. Available at: <https://epdf.tips/business-intelligence-success-factors-tools.html> (Accessed: 5 April 2018).
- Zadeh, L. A. (1965) "Fuzzy sets", Information and Control. Academic Press, 8(3), pp. 338–353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.