

FUZZY SYSTEM TO EVALUATE WORK FOR GRADUATION

SISTEMA DIFUSO PARA LA EVALUACION DE TRABAJOS DE GRADO

MSc. Luz Marina Santos Jaimes, Ing. Edgar Andrei Pérez

Grupo de Investigación Ciencias Computacionales

Programa Ingeniería de Sistemas, Universidad de Pamplona, Km.1 Vía Bucaramanga
E-mail: {lsantos,ingpaul}@unipamplona.edu.co

Abstract: In order to withstand the process of job evaluation grade in the Department of Electrical Engineering, Electronics, Telecommunications and Systems at the University of Pamplona, Colombia, developed a computational system based on fuzzy logic. In this system, the final score of a draft grade is the result of three linguistic input variables: incomplete, approved and excellent. This system uses fuzzy methods showed support and standardize the process of subjective evaluation, being fast, robust and fair, confirming the application of fuzzy theory in the assessment area.

Resumen: Con el objetivo de soportar el proceso de evaluación de trabajos de grado en el Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Telecomunicaciones y Sistemas de la Universidad de Pamplona, Colombia, se desarrolla un sistema computacional basado en lógica difusa. En este sistema, la calificación final de un proyecto de grado es resultado de tres variables de entrada lingüísticas: incompleto, aprobado y excelente. Este sistema derivado de los métodos difusos demostró soportar y estandarizar el proceso de evaluación subjetiva, siendo rápido, robusto y justo; confirmando la aplicación de la teoría difusa en el área de evaluación.

Keywords: Fuzzy logic, Evaluation, Fuzzy system, Linguistic variables.

1. INTRODUCCION

El proceso de evaluación de trabajos de grado en el Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Telecomunicaciones y Sistemas es un proceso delicado que requiere gran atención por parte del evaluador. La evaluación es cualitativa expresada en un término lingüístico y resultado del análisis de parámetros no estandarizados y escasos; en su mayoría, basada en el área de desempeño y posiciones particulares de los evaluadores. Así, el veredicto dado por un evaluador podría en determinado caso ser más subjetivo que exacto, respecto de lo que se piensa sobre uno u otro aspecto de un trabajo de grado.

En las unidades académicas de las universidades, no existe un marco unificado de criterios para evaluar proyectos de grado, lo que hace necesario que la evaluación sea en cierta medida orientada y soportada computacionalmente. En este sentido, la lógica difusa, es una herramienta proveniente de la inteligencia computacional, motivada, en gran medida, por la necesidad de crear un marco conceptual para la representación flexible del conocimiento, dentro de un ambiente impreciso e incierto (Yager and Zadeh, 1992), abre la posibilidad de dar solución a problemas comunes de la evaluación, que expresados desde la perspectiva humana y que, por ésta simple

condición, no pueden tener una solución única desde lo “falso” ó “verdadero” sino que pueden tomar condiciones intermedias para dar soluciones satisfactorias a los problemas presentados.

En este contexto, se originó esta investigación, que tiene características de pionera en su campo, se diseñó una herramienta computacional que hace uso de la lógica difusa, por medio de la cual es posible dirimir imprecisiones en la valoración de los trabajos de grado, con lo que se tiene desde ya una solución que bien podría aplicarse a otros procesos de evaluación.

1.1 Lógica Difusa

El concepto central de la lógica difusa es el “conjunto difuso”, el cual es considerado una extensión de los conjuntos ordinarios y fue presentado por (Zadeh, 1965). En la teoría de conjuntos difusos, la pertenencia de un elemento determinado a un conjunto dado obedece a una lógica multivaluada dentro del intervalo $[0,1]$, que asigna al elemento un “grado de pertenencia” que puede ir desde la no pertenencia (0) hasta la pertenencia total (1).

Dentro de esta idea la calificación de un trabajo de grado puede ser considerada una “variable difusa” que podría clasificarse en tres (o más) conjuntos difusos etiquetados como: incompleto, aprobado o excelente, donde la transición de la pertenencia de un conjunto a otro, de un proyecto de grado con una calificación x , es gradual.

1.2 Trabajos relacionados

Aplicaciones específicas de la lógica difusa en la evaluación de elementos subjetivos son relativamente pocos en comparación con a otras áreas de aplicación.

En (Pépiot *et al*, 2007) es propuesto un acercamiento metodológico para evaluar competencias, el cual fue probado en un problema real en la industria del transporte.

En (Dweiri and Kablan, 2005), es diseñado e implementado un sistema de toma de decisión difuso para evaluar la eficiencia en el manejo de proyectos. Esto sugiere, que puede ser útil para un área integrar el conocimiento del experto y la experiencia en un sistema difuso que puede ser usado para la evaluación.

1.3 Evaluación de proyectos de grado

La calificación de un proyecto de grado es dada por una terna de evaluadores asignados por el Departamento, atendiendo las normas establecidas en el reglamento estudiantil y la metodología del Departamento. Un jurado (oponente) califica 10 criterios y da un veredicto final de Incompleto, Aprobado o Excelente, el director del proyecto evalúa otros tres criterios y de igual forma da un veredicto final. Con los dos anteriores resultados, y sus propios juicios la terna de jurados concluye con una calificación de Incompleto, aprobado, excelente, meritorio o laureado.

Con una muestra de 175 actas de calificación de oponentes y director de trabajos de grado en las cuales se analizaron las respuestas dadas a los criterios actuales de evaluación, se encontró que solo un 76,53% de estas actas son diligenciadas de forma correcta (Incompleto, Aprobado o Excelente) y el 23,47% de las actas se utilizan calificativos no dados por la metodología (Alto, no aplica, bueno, entre otros).

En ocasiones los resultados parciales difieren de la valoración final, por ejemplo 7 criterios excelentes y 3 aprobados con una valoración final de aprobado.

Lo anterior demuestra la importancia de estandarizar el proceso con la ayuda de una herramienta computacional que permita cuantificar cada uno de los criterios y llegar a una valoración final cualitativa en forma más precisa y justa.

Según la definición de la calificación cualitativa por parte de nuestra Universidad y con los criterios expuestos en otras Universidades (Gan and Tarantino, 2006; CIDER, 2006; Graell, *et al*, 2005; CA, 2007; Ramírez and Roncancio, 2006), se propone una metodología robusta centralizada en cinco puntos principales que serán la base del sistema difuso, cada punto corresponderá a un subsistema difuso.

Los puntos para el calificativo de “Aprobado” o “Incompleto” del proyecto son: Dimensiones, Informe, Objetivos y Sustentación.

Y el punto para el estudio de la calificación de “Excelente”, “Meritorio” o “Laureado” es: Novedad_Efecto.

2. DESARROLLO DEL SISTEMA DIFUSO

Cuando se diseña un sistema difuso el primer paso es seleccionar la estructura del sistema en estudio. En este caso el sistema trabaja con una estructura del tipo Puro ó Mamdani (Kandel, 1986). La arquitectura general del Sistema Difuso consta principalmente de tres partes, la fusificación, base de conocimiento con su sistema de inferencia y la defusificación (Ver figura 1).

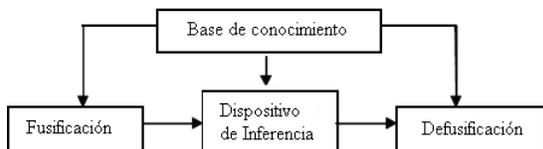


Fig. 1. Arquitectura General del Sistema Difuso

2.1 Fusificación

La fusificación toma los valores de entrada y los interpreta como valores lingüísticos. En este paso se determinan las funciones de membresía de las variables del sistema en los conjuntos difusos (Moreno, 2003).

Para el sistema general el universo de discurso de cada una de las variables está determinado por componentes lingüísticos del tipo: “Incompleto”, “Aprobado”, “Excelente” para las entradas; “Incompleto”, “Aprobado”, “Excelente”, “Meritorio” y “Laureado” para la salida. Para cada uno de los subsistemas el universo del discurso de las variables de entrada y salida esta dado por valores lingüísticos de la forma: “Incompleto”, “Aprobado” y “Excelente”.

2.2 Base de Conocimiento

La base de conocimiento está compuesta por una serie de reglas difusas del tipo MISO (*Multiple Input Single Output*) y se expresa según los siguientes criterios:

1 Dimensiones

- 1.1 Tamaño
- 1.2 Pertinencia
- 1.3 Actualidad
- 1.4 Profundidad
- 1.5 Novedad,
- 1.6 Individualidad
- 1.7 Originalidad
- 1.8 Independencia
- 1.9 Presupuesto económico
- 1.10 Ética y estética

2 Informe

- 2.1 El informe presenta todas las partes establecidas en la metodología del CTG
- 2.2 El informe del trabajo no presenta errores de redacción ortografía o presentación.
- 2.3 El Resumen expresa lo normado en la metodología.
- 2.4 La Introducción expresa lo normado en la metodología.
- 2.5 El Marco Teórico expresa los conceptos necesarios para el desarrollo del trabajo.
- 2.6 Pertinencia de las conclusiones y recomendaciones.
- 2.7 Las observaciones presenta sugerencias para la implantación de la propuesta elaborada y el desarrollo o continuación en otros trabajos.
- 2.8 Utilización de bibliografía técnica actualizada.
- 2.9 La bibliografía esta presentada en correspondencia con las normas establecidas en la metodología de CTG.
- 2.10 La organización del texto evidencie unidad y coherencia.

3 Novedad/Efecto

- 3.1 Novedad del tema por su contribución al desarrollo del conocimiento del área en la Región.
- 3.2 Novedad del tema por su contribución al desarrollo del conocimiento del área en el
- 3.3 Su efecto social es muy significativo.
- 3.4 Su efecto económico es muy significativo.

4 Objetivos

- 4.1 Los objetivos, general y específicos, son alcanzados.
- 4.2 El informe del trabajo se desarrollo en concordancia con los objetivos.
- 4.3 Los resultados corresponden con los objetivos propuestos.

5 Sustentación

- 5.1 Dominio de habilidades comunicativas en la exposición.
- 5.2 Profesionalidad en la interpretación y respuesta de las preguntas del jurado.
- 5.3 Calidad y adecuada utilización del material de apoyo audiovisual o gráfico presentado.

5.4 Estética profesional ante el jurado, en el acto de sustentación.

2.3 Formato de las reglas

Una de las características de los sistemas difusos es que pueden ser modelados de forma lingüística usando reglas de decisión de la forma SI-ENTONCES (Zadeh, 1973; Tong, 1978; Pedrycz, 1989). La habilidad en la toma de decisiones depende de la existencia de una base de reglas y un mecanismo de razonamiento difuso.

Un sistema tipo Mamdani entre sus características, proporciona un marco natural para la inclusión de conocimiento experto en forma de reglas lingüísticas (Lin, 1995). La base de reglas se generó con el aval de docentes del Departamento, teniendo en cuenta los criterios mencionados en 2.2 como entrada a cada subsistema y sus posibles valores de “Incompleto, Aprobado o Excelente”.

El formato de las reglas utilizado es el mismo tanto para el sistema general como para cada uno de los subsistemas difusos que sirven de entrada al modelo general. El formato general de las reglas aplicadas en el sistema general se presenta a continuación.

Si Informe es EXCELENTE y Objetivos es EXCELENTE y Dimensiones es EXCELENTE y Sustentación es EXCELENTE y Novedad_Efecto es EXCELENTE ENTONCES RESULTADO es EXCELENTE

Para los subsistemas difusos las reglas son manejadas de la misma forma y tienen la misma estructura, un ejemplo de estas reglas es mostrado a continuación.

Si Criterio 3.1 es EXCELENTE y Si Criterio 3.2 es EXCELENTE y Si Criterio 3.3 es EXCELENTE y Si Criterio 3.4 ENTONCES NOVEDA_EFECTO es EXCELENTE

2.4 Funciones de membresía

Cada una de las entradas de los subsistema difusos tienen características iguales, los cuales fueron diseñados en base a funciones de membresía y determinadas en base a las curvas de función de las variables la cual es la misma para todos los subsistemas. La especificación y la gráfica de la función de membresía se muestran a continuación teniendo como referencia un trapecio con vértices a, b, c y d para sus coordenadas.

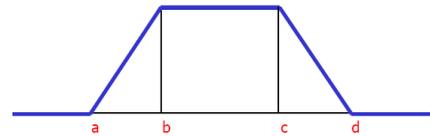


Fig. 2. Trapecio de referencia

2.4.1 Función de membresía Tipo1

La función de membresía asociada a las variables de entrada de los subsistemas y el sistema general tiene como etiquetas lingüísticas a “Incompleto”, “Aprobado” y “Excelente”.

La etiqueta “Incompleto” está determinada por una función trapezoidal que va desde (0, 1) hasta (2, 1) y luego de (3, 0) hasta (5, 0). La etiqueta “Aprobado” es una función trapezoidal que tiene como coordenadas (0, 0), (2, 0), (3, 1), (4, 1) y (5, 0). La etiqueta “Excelente” es una función trapezoidal con coordenadas (0, 0), (4, 0) y (5, 1). (Ver figura 3)

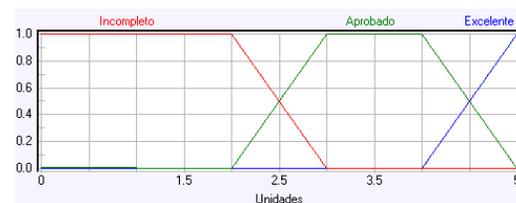


Fig. 3. Función de Membresía de las variables de entrada

2.4.2 Función de membresía Tipo2

La variable de salida del sistema principal adquiere valores entre 0 y 5. A continuación se muestra especificada la variable de salida utilizada. Las etiquetas lingüísticas asociadas a la función de membresía son las siguientes: “Incompleto” con una línea que parte desde (0,1) hasta (2.5,1), luego de (3,0) hasta (5,0), “Aprobado” con una función trapezoidal que tiene como coordenadas (0,0), (2.5,0), (3,1), (3.5,1), (4,0), (5,0), “Excelente” con una función trapezoidal con coordenadas (0,0), (3.5,0), (4,1), (4.5,0), (5,0), “Meritorio” con una función triangular con coordenadas (0,0), (4,0), (4.5,1), (5,0) y “Laureado” con coordenadas (0,0), (4.5,0), (5,1). (Ver figura 3)

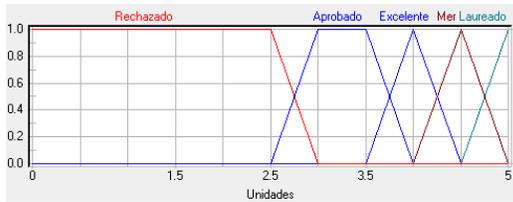


Fig. 4. Función de Membresía de la salida

2.5 Arquitectura del sistema principal

La arquitectura del modelo difuso del sistema principal, consta de 5 variables de entrada (Dimensiones, Informe, Novedad_Efecto Objetivos y Sustentación,), un bloque de reglas y una variable de salida (Resultado). La arquitectura general del sistema principal se muestra en la fig. 4. Las líneas de conexión simbolizan el flujo de datos.

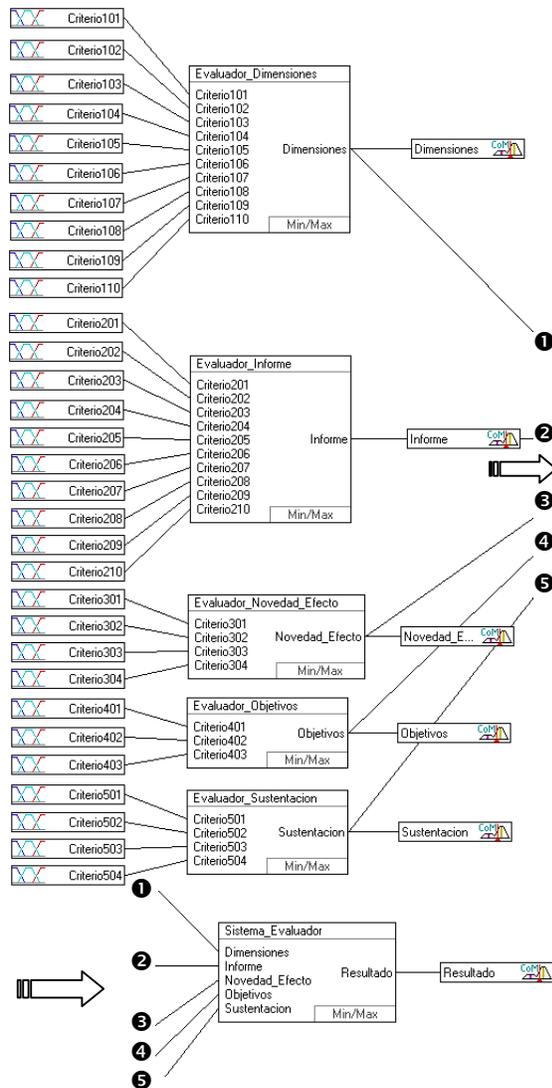


Fig. 5. Arquitectura del modelo del sistema principal

La descripción detallada de las variables, cuyo rango de acción fue mínimo 0 y máximo 5, su tipo, membresía y sus etiquetas lingüísticas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Variables del sistema principal

Variable	Tipo/ Membresía	Términos lingüísticos
Dimensiones	Entrada Tipo1	Incompleto
		Aprobado
		Excelente
Informe	Entrada Tipo1	Incompleto
		Aprobado
		Excelente
Novedad Efecto	Entrada Tipo1	Incompleto
		Aprobado
		Excelente
Objetivos	Entrada Tipo1	Incompleto
		Aprobado
		Excelente
Sustentación	Entrada Tipo1	Incompleto
		Aprobado
		Excelente
Resultado	Salida Tipo2	Incompleto
		Aprobado
		Excelente
		Meritorio Laureado

2.5.1 Arquitectura de los subsistemas

La arquitectura del modelo del subsistema difuso Dimensiones, consta de 10 variables de entrada (Criterio1.1, Criterio1.2, Criterio1.3, Criterio1.4, Criterio1.5, Criterio1.6, Criterio1.7, Criterio1.8, Criterio1.9, Criterio1.10), un bloque de reglas y una variable de salida (Dimensiones).

La arquitectura del modelo del subsistema difuso Informe, consta de 10 variables de entrada (Criterio2.1, Criterio2.2, Criterio2.3, Criterio2.4, Criterio2.5, Criterio2.6, Criterio2.7, Criterio2.8, Criterio2.9, Criterio2.10), un bloque de reglas y una variable de salida (Informe).

La arquitectura del modelo del subsistema difuso Novedad_Efecto, consta de 4 variables de entrada (Criterio3.1, Criterio3.2, Criterio 3.3 y Criterio 3.4), un bloque de reglas y una variable de salida (Novedad).

La arquitectura del modelo del subsistema difuso Objetivos, consta de 3 variables de entrada

(Criterio 4.1, Criterio4.2, Criterio4.3), un bloque de reglas y una variable de salida (Objetivos).

La arquitectura del modelo del subsistema difuso Sustentación, consta de 4 variables de entrada (Criterio4.1, Criterio4.2, Criterio4.3, Criterio4.4), un bloque de reglas y una variable de salida (Sustentación). La arquitectura general del subsistema difuso Sustentación se muestra en la figura 5. Las líneas de conexión simbolizan el flujo de datos.

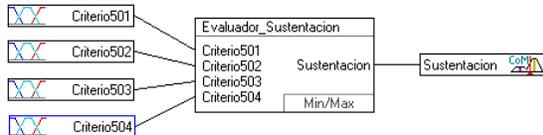


Fig. 5. Modelo del Subsistema Sustentación

Tabla 2. Variables del subsistema Sustentación

Variable	Tipo/ Membresí a	Términos lingüísticos
Criterio 501	Entrada Tipo1	Incompleto Aprobado Excelente
Criterio 502	Entrada Tipo1	Incompleto Aprobado Excelente
Criterio 503	Entrada Tipo1	Incompleto Aprobado Excelente
Criterio 504	Entrada Tipo1	Incompleto Aprobado Excelente
Sustentación	Salida Tipo1	Incompleto Aprobado Excelente

2.6 Defusificación

La defusificación consiste en la conversión de los datos lingüísticos que provienen de la salida difusa del dispositivo de inferencia a una salida numérica, mediante una ponderación y normalización de las sentencias lógicas antecedentes.

El método de defusificación utilizado tanto para el sistema general como para cada uno de los subsistemas fue el método del centroide.

2.7 Simulación del sistema

Se realizó la monitorización para la activación de reglas de cada subsistema y el sistema principal, mediante un conjunto de tres escenarios que permitieron verificar por expertos la predicción del sistema.

En vista que el acta de sustentación actualmente no abarca todos los criterios aquí propuestos y no presenta datos numéricos no fue posible realizar simulación con datos de los trabajos de grado.

3. CONCLUSIONES

Se seleccionaron los criterios de evaluación, en consideración a su representatividad de variables y procesos que son los más apropiados para aplicar al caso de la Universidad de Pamplona.

Los resultados obtenidos, sugieren que las técnicas de inteligencia artificial y en este caso de Lógica difusa para la concepción de herramientas aplicadas al apoyo de la evaluación de Trabajos de Grado, son un enfoque adecuado.

Esta investigación logró establecer y desarrollar la arquitectura de un Modelo Inteligente de una efectividad aceptable para apoyar la toma de decisiones en la evaluación de Trabajos de Grado. Además, su sencillo manejo a través de una interfaz amigable, le permite al usuario interactuar con un sistema de soporte computacional complejo sin mayores dificultades.

Buena parte del éxito del Sistema Inteligente para el apoyo de evaluación de Trabajo de Grado, reposa en la flexibilidad de la Lógica Difusa, que permite procesar la información de forma eficiente y generar herramientas que permite realizar simulaciones diferentes que la Lógica Formal o Clásica nos permite.

El desarrollo de este proyecto requirió de un trabajo interdisciplinario que involucró un acercamiento entre las ciencias computacionales y las ciencias básicas. En este aspecto es de resaltar la contribución que las ciencias computacionales pueden tener en la solución de problemas complejos referidos a la evaluación en general.

REFERENCIAS

- CA, Comité Académico, Universidad Jorge Tadeo Lozano. (2007) Metodología Trabajo de Grado
- CIDER, Universidad de los Andes. (2006) Reglamento Trabajo De Grado.
- Dweiri, F.T and Kablan, M.M. (2005). Ussing fuzzy decision making for the evaluation of the project management internal efficiency, *Decision Support Systems*.
- Gan, A., and Tarantino, R. (2006) Metodología Trabajo de Grado, Universidad de Pamplona.
- Graell, M., Melo, V., and Urieta, I. (2005). Propuesta de reglamento examen general de conocimientos. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Lin, C., 1995, A neural fuzzy control system with structure and parameter learning, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.70, pp. 183-212.
- Moreno, F.J. (2003). Un entorno de desarrollo para sistemas de inferencia complejos basados en lógica difusa, Tesis de Doctorado, Universidad de Sevilla.
- Pedrycz.W. (1989) *Fuzzy Control and Fuzzy Systems*, Jhon Wiley.
- Pépiot, G., et al. (2007) A fuzzy approach for the evaluation of competences, *International Journal of Production Economics (Article In Press)*. 2007
- Ramírez, C., and Roncancio, H. (2006) Manual De Procedimientos - 2006, Institución Universitaria de Envigado.
- Tong, R.M. (1978) Sinthesis of fuzzy models for industrial processes-some recent results, *International Journal of General Systems*.
- Kandel, A. (1986). *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*, Addison Wesley.
- Yager, R. y Zadeh, L. (1992). *An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems*. Kluwer Academic Publishers.
- Zadeh, L. (1965). *Fuzzy Sets. Information and Control*.
- Zadeh, L. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, *IEEE Trans. System*.